

XXVIII
Congreso
Argentino
de la Ciencia
del Suelo

Buenos Aires 2022



*Suelos saludables,
sustento de la sociedad y el ambiente*

ACTAS Tomo 4

Biología y Agroecología de Suelos

**Génesis, Clasificación, Cartografía y
Mineralogía de Suelos**

**Educación, Extensión y Transferencia
de la Ciencia del Suelo**

ISBN: 978-987-48396-7-1

XXVIII
Congreso
Argentino
de la Ciencia
del Suelo
Buenos Aires 2022



XXVIII CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Suelos saludables, sustento de la sociedad y el ambiente

RESÚMENES Y TRABAJOS EXPANDIDOS

Coordinadores

MARIO CASTIGLIONI

PATRICIA FERNÁNDEZ

SEBASTIÁN VANGELI

15 al 18 de noviembre de 2022

Buenos Aires – Argentina

Organizado por



Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo : Suelos saludables, sustento de la sociedad y el ambiente / coordinación general de Mario Castiglioni ; Patricia Fernández ; Sebastián Vangeli. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo - AACS, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-48396-7-1

1. Biología del Suelo. 2. Conservación del Suelo. 3. Contaminación del Suelo. I. Castiglioni, Mario, coord. II. Fernández, Patricia, coord. III. Vangeli, Sebastián, coord. IV. Título.

CDD 631.407

Los trabajos de investigación, presentados al XXVIII CACS como resúmenes y como trabajos expandidos aquí publicados, fueron sometidos a evaluación por pares. Los compiladores no asumen responsabilidad alguna por eventuales errores tipográficos u ortográficos, por la calidad y tamaño de los gráficos, ni por el contenido de las contribuciones. Los trabajos de investigación se publican en versión online tal como fueron enviados en soporte informático por parte de los respectivos autores, con leves adaptaciones de sus formatos, con la finalidad de conferirles uniformidad entre ellos, de acuerdo con las normas previamente establecidas. La mención de empresas, productos y o marcas comerciales no representa recomendación preferente del XXVIII CACS-2022.

COMISIÓN DIRECTIVA DE LA AACS

Presidente: Mario Castiglioni

Vicepresidente: María Rosa Landriscini

Secretario: Raúl Cáceres Díaz

Prosecretaria: María Basanta

Tesorero: Osvaldo Barbosa

Protesorero: Daniel Riscosa

Secretaria de Actas: Patricia Carfagno

Miembros Vocales Titulares:

Mirta García (Coordinadora Comisiones Científicas)

Diego Cosentino

Sebastián Vangeli

Guillermo Studdert

Miembros Vocales Suplentes:

Alicia Irizar

Carolina Sotomayor

María Victoria Cremona

Silvia Imhoff

Revisores de Cuentas:

Marcos Bongiovanni

Federico Paredes

COMISIÓN ORGANIZADORA
XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Presidenta: Carina Álvarez (FAUBA)

Vicepresidenta: Patricia Carfagno (INTA)

Secretarias: Haydée Steinbach / Helena Rimski Korsakov (FAUBA)

Tesoreros: Federico Gómez / Mariela Echeverría (FAUBA)

Secretaria de Actas: María Marta Caffaro (FAUBA/CONICET)

Gestión de Contribuciones y Sesiones:

Mario Castiglioni (FAUBA)

Patricia Fernández (FAUBA/CONICET)

Filipe Behrends Kraemer (FAUBA/CONICET)

Sebastián Vangeli (FAUBA/INTA)

Federico Fritz (FAUBA/CREA)

Vocales:

Héctor Morrás (INTA/USal)

Luis Wall (UNQ/CONICET)

María Fernanda González Sanjuan (Fertilizar)

Celio Chagas (FAUBA)

Mónica Barrios (UNLZ)

Julieta Irigoin (INTA/UNLu)

Daiana Sainz (INTA/FAUBA)

Virgina Bonvecchi (UNLu)

Marcos Petrasek (UNLu)

Miguel A. Taboada (FAUBA/Carbon Group Agro-Climatic Solutions)

Raúl Lavado (FAUBA)

Comunicación visual y edición: Djasmine Deluca Alfano

NOMINA REVISORES DE RESUMENES TRABAJOS EXPANDIDOS Y SELECCIÓN PARA SU PRESENTACIÓN

Javier de Grazia

Haydée Steinbach

Julieta Irigoin

Marcos Petrasek

Luis Wall

Bárbara Mc Cormick

Virginia Bonvecchi

Johanna Ramírez

Ana Beatriz Wingeyer

Celio Chagas

Luis Lozano

Walter Carciochi

Liliana Suñer

Juan Manuel Martínez

Josefina Zilio

Nicolás Stahringer

Mónica Barrios

Maximiliano Eiza

Oscar Bravo

Lucas Moretti

Miriam Presutti

Cristina Angueira

Cecilia Videla

Dorkas Andina

Gabriela Fernández

Laura Diez Yarade

Helena Rimski Korsakov

Patrocinan

BUNGE

AMAUTA

 **Timac AGRO**

 **COFCO INTL
FERTILIZANTES**

 **Bolsa
de Cereales**

 **PROFERTIL**
Vida para nuestra tierra

 **Recuperar**
S.R.L.

 **TECNOAGRO**
TECNOLOGIA AGROPECUARIA

 **EUROCHEM**
EMERGER FERTILIZANTES

 **instrumentalia**

Agradecemos el aporte económico de FONCyT - Agencia I+D+i Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, RC-2021-00062

 **Agencia I+D+i**
Agencia Nacional de Promoción
de la Investigación, el Desarrollo
Tecnológico y la Innovación

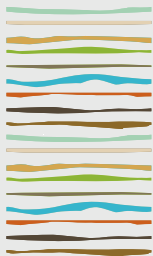


TABLA DE CONTENIDOS TOMO 4

BIOLOGÍA Y AGROECOLOGÍA DE SUELOS	1472
EFFECTO DE LA INOCULACIÓN SOBRE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS EN CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ	1473
Aguilar Vasquez, N.N ¹ , J.S. Escobar Ortega, J. Vera Coca ¹ , I. E. García de Salamone ² .	
EFFECTO DEL PASTOREO ROTATIVO EN SUELOS DE PASTIZALES NATIVOS DEL SUDESTE BONAERENSE, ESTUDIOS PRELIMINARES	1474
Alvarez, M.F. ^{1,2,*} , P.A. Martínez ³ , N.L. Borrelli ^{1,2} , M. Zannato, M. Osterrieth ^{1,2} y E. Zugasti	
CALIDAD DEL SUELO BAJO DIFERENTES MANEJOS EN EL CALDENAL II: NITRÓGENO DISPONIBLE Y ACTIVIDAD UREASA	1475
Ambrosino, M.L. ^{1,2} , G.S. Lorda ^{1*} , Y. A. Torres ^{3,4} , L.V. Armando ⁴ , R.D. Ernst ¹ , L.S. Ithurrart ⁴ , F.R. Blázquez ⁴ C.T. Lucero ¹ , F.E. Pagliero ¹	
MATERIA ORGÁNICA Y ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS BAJO CULTIVOS DE COBERTURA EN SANTIAGO DEL ESTERO	1476
Anriquez, A.L. ^{1,*} , G.R. Galván ¹ , S. Prieto Angueira ^{1,2} , J.L. Delgado ¹	
EVALUACIÓN DE LA COINOCULACIÓN CON MICROGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO Y BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM EN SOJA	1477
S.C. Appelhans ^{1,2,3*} , R.N. Gutierrez ³	
EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA SOLARIZACIÓN SOBRE PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS DE UN SUSTRATO	1478
Ayoub I. ^{1*} , E. D. Bigatton ¹ , D. Ortiz ² , M. V. Archilla ¹ , E. I. Lucini ¹ , C. Vázquez ¹ y M.V. Moreno ²	
MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS: BIOINDICADORES DE RECUPERACIÓN DE ECOSISTEMAS EN LOS ANDES ORIENTALES COLOMBIANOS	1479
Baquero S. ¹ ; J. Caicedo ¹ ; O.F. González ¹ ; J. Polanía ^{1,*}	



RESPUESTA DE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS A LA CONVERSIÓN DE ECOSISTEMAS PRÍSTINOS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS INTENSIVOS	1480
Barbero, F.M. ^{1*} , R.A. Verdenelli ¹ , M.F. Dominchin ¹ , I. Frasier ² , E.C. Mlewski ¹ , S. Vargas Gil ³ , J.M. Meriles ¹	
POTENCIAL CITOTÓXICO DEL FUNGICIDA CAPTAN SOBRE ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS DEL SUELO BAJO DISTINTOS NIVELES DE DEGRADACIÓN	1481
Barbero, F.M. ^{1*} , R.A. Verdenelli ¹ , M.F. Dominchin ¹ , S. Vargas Gil ² , J.M. Meriles ¹	
INFLUENCE OF DIAZOTROPHIC BACTERIA ON ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON LEGUMINOUS PLANTS IN THE CERRADO	1482
Barbosa, T.S. ^{1*} , Santos, M.E.F. ² , Dias, T.V. ¹	
EFFECTOS DE <i>B. SAFENSIS</i> S9 Y BRADYRHIZOBIUM EN PLÁNTULAS DE SOJA BAJO ESTRÉS SALINO	1483
Barengo, P.B. ^{1*} , L. Olivella ¹ , B. Trod ¹ , G. Céccoli ¹ , C. Bouzo ¹ , M. Espariz ² , L.D Daurelio ¹	
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA SOBRE LA MICROBIOTA DEL SUELO DE CULTIVO DE HABAS (<i>VICIA FABA</i> L.)	1484
Barrios, MB ¹ , M.C. Sandoval ² , M.S. Gilardino ² ; A.C. Sokolowski ¹ , S.P. Debelis ¹ , J. De Grazia ¹ , H.A. Rodríguez ¹ , J.E. Wolski ¹ , B.P. Prack Mc Cormick ¹ , A.D. Blasón ³	
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA SOBRE LA MICROBIOTA DEL SUELO EN UN CULTIVO DE REMOLACHA (<i>BETA VULGARIS</i> L.)	1489
Barrios. M.B. ¹ , M.C. Sandoval ² , A. Mollá Kraj ³ , M.S. Gilardino ² , A.C. Sokolowski ¹ , S.P. Debelis ¹ , J. De Grazia ¹ , H.A. Rodríguez ¹ , B.P. Prack Mc Cormick ¹ , J.E. Wolski ¹ , I.R. Paladino ¹ , E.P. Rodríguez Frers ¹	
RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL: EFECTOS SOBRE LA ACTIVIDAD Y DIVERSIDAD MICROBIANA EN LOS SUELOS	1493
Bigatton E. D. ^{1*} , I. Ayoub ¹ , R. Verdenelli ² , J. M. Meriles ² , R. Haro ³ , M. V. Archilla ¹ , C. Vázquez ¹ , L. E. Dubini ¹ , B. Lancioni ¹ , E. I. Lucini ¹	
CALIDAD DEL SUELO BAJO DIFERENTES MANEJOS EN EL CALDENAL I: BIOMASA MICROBIANA, ACTIVIDAD CELULASA Y CARBONO ORGÁNICO	1494
Blanco, I.B. ¹ , M.L. Ambrosino ^{1,2*} , C.T. Lucero ¹ , G.S. Lorda ¹ , Y.A. Torres ^{3,4} , F. Ballesi ⁴ , F.R., Blázquez ⁴ , L.S. Ithurrart ⁴ , L.V. Armando ⁴ , R.D. Ernst ¹	
EXPERIENCIA CON CULTIVOS DE COBERTURA EN UN SUELO FRANCO ARENOSO DEL SUDOESTE DE CÓRDOBA, ARGENTINA	1500
Boccolini, M.F. ^{1*} , M. Salustio ¹ , M. Toledo ¹ , J. Ossana ²	



DETERMINACIÓN DE NAN: SENSIBILIDAD EN DIFERENTES USOS DE UN HAPLUDOL TÍPICO DEL SUR DE CÓRDOBA	1501
Bruno, C. ¹ , M.L. Mattalia ^{1*} , M.D. Bongiovanni ^{1*} , R. Marzari R. ¹ , C. Cholaky ¹	
EFFECTO DE ARBUSTOS NODRIZA SOBRE BACTERIAS EDÁFICAS EN UN GRADIENTE DE ELEVACIÓN ALPINO TROPICAL	1502
Cáceres-Mago, K. ^{12*} , A. Cáceres ² , L.D. Llambí ³ , N. Malaver ⁴ , M. P. Rodríguez ⁴	
CALIDAD DEL SUELO: INDICADORA DE LA RECUPERACIÓN EN UNA RESERVA NATURAL EN SANTANDER, COLOMBIA	1503
Caicedo, J. P.; Gonzáles, O. F.; Baquero, S.; Loiza, J. C.; Polanía, J.	
ESTEQUIOMETRÍA ENZIMÁTICA Y EDAFICA EN RESPUESTA A LA INTENSIFICACION EN EL USO DEL SUELO	1504
Campilongo Mancilla E.J. ^{1,2*} , D.L. Serri ^{1,2} , L. Gabbarini ³ , M. Quiroga ² , J.M Meriles ⁴ , J. Paredes ^{1,2} , A. Rago ¹ , S. Vargas Gil ^{1,2} .	
POTENCIALIDAD BIOTECNOLÓGICA DE LA MULTIPLICACIÓN DE HONGOS MICORRIZICOS EN SISTEMA AUTOTRÒFICO DE BAJO COSTO	1505
Commatteo, J.G. ^{1,2,3} , P.A. Barbieri ^{1,3} , F. Covacevich ^{2,3*}	
PERSPECTIVA PARA EL CONTROL DE <i>BOTRYTIS CINEREA</i> A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE YUTE INOCULADO CON <i>BACILLUS SUBTILIS</i>	1506
Cristóbal-Miguez, A.E.J. ¹ , A. Paz-González ² , M. López-Vicente ² , G.C. Sarti ^{1,2}	
BIOINDICADORES DE CARBONO NO SOLO EM INTEGRAÇÃO SOJA-PECUÁRIA COM DIFERENTES ÉPOCAS DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES	1512
Daneluz Rintzel, R.D. ^{1*} , V.J.L.P. Simoes ² , E.G.T. Souza ³ , L.P. Brauwiers ⁴ , J.A.G.F. da Silva ⁵ , A.P. Martins ⁶	
ARBUSCULAR MICORRIZAL FUNGI IN BAMBOO UNDER BRAZILIAN SAVANNAS	1518
DIAS, T. V. ^{1*} , T.S. BARBOSA ² , L.B.M. SANTOS ³	
VALIDACIÓN DE MÉTODO DE RESPIRACIÓN POTENCIAL EN UN SUELO PATAGÓNICO: IRGA VS TRAMPAS DE NAOH	1519
Díaz Leviente, M ¹ , A.S. Enriquez ^{2*} , M. Gonzalez Polo ^{3*}	
EFFECTO DEL BIOCHAR INOCULADO CON PGPR SOBRE LA ABUNDANCIA DE BACTERIAS EN RIZÓSFERA DE TRIGO	1525
Dominchin, M.F. ^{1,2*} , E.D. Bigatton ³ , R.A. Verdenelli ^{1,2} , F.M. Barbero ^{1,2} , A., J.M Meriles ^{1,2}	



CAMBIOS DE PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS DEL SUELO POR LA INCLUSIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIO	1526
Ducci, A. ^{1,2*} , C. Abán ¹ , J. Huidobro, ² M. Acreche, ^{1,2} y C. Pérez Brandan ^{1,2}	
ALTERNATIVA ECONÓMICA PARA MUESTREAR GASES DE EFECTO INVERNADERO DESDE EMISIONES DEL SUELO UTILIZANDO CÁMARAS ESTÁTICAS	1527
Enriquez, A.S. ^{1*} , D. Nassini ²	
RESPIRACIÓN ECOSISTÉMICA DEL SUELO EN PASTIZALES SEMIÁRIDOS PATAGÓNICOS BAJO CONDICIONES AMBIENTALES CONTRASTANTES	1531
Enriquez, A.S. ^{1*} , B.M. García Falabella ¹	
DIVERSIDAD FÚNGICA ASOCIADA DE LA RIZOSFERA DE TOMATE (<i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i> L.) EN AGROECOSISTEMAS DE LA SIERRA ECUATORIANA	1537
ERAZO, N.S. ¹ , MANZANO J. C. ¹ , ECHEVERRÍA M. M. ¹ , FREY C.G. ¹	
METODOLOGÍA DE BIOMASA MICROBIANA DEL SUELO: RESULTADOS DE ENSAYO COLABORATIVO NACIONAL	1538
Faggioli, V.S. ^{1*} , M. Maury ¹ , C. Lorenzon ¹	
ANÁLISIS DE HONGOS DEL SUELO Y SALUD DE AGROECOSISTEMAS	1539
Faggioli, V.S. ^{1*} , M. Maury ¹ , C. Lorenzon ¹ , V. Nishinakamasu ² , M. Muñoz ² , P. Vera ² , A. Puebla ² , M. Farber ² , N. Paniego ² , M. Rivarola ² , S. Bacigaluppo ³ , F. Salvagiotti ³	
DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA Y CULTIVOS DE SERVICIO	1540
Faggioli V.S. ^{1*} , M. Maury ¹ , J. Ortiz ¹ , F. Salvagiotti ² , S. Bacigaluppo ² , V. Gudelj ¹	
INOCULACIÓN DE LA SEMILLA CON <i>TRICHODERMA</i>, AFECTA LA DIVERSIDAD Y POTENCIALIDAD DE HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES EN MAIZ?	1541
Fernandez-Gnecco, Gabriela A. ^{1,2} ; Fernández, Macarena ³ ; Caló, Gonzalo ¹ ; Consolo, V. Fabiana ¹ ; Barbieri, Pablo A. ⁴ ; Covacevich, Fernanda ^{1*}	
CARACTERIZACION DE ROTACIONES MAIZ-SOJA EN SIEMBRA DIRECTA CON MANEJO TRADICIONAL E INTENSIFICADO MEDIANTE ANALISIS DE LIPIDOS	1547
Ferrari A. E.*; J. Covelli, L. A. Gabbarini, L. G. Wall	
SECUENCIAS DE CULTIVOS BASADAS EN SOJA: EFECTO SOBRE POBLACIONES NATURALIZADAS DE BRADYRHIZOBIOS NODULANTES DE SOJA	1552
Fontana, M.B. ^{1*} , M.A. Cazaux ² , M.A. Sterren ¹ , W.G. Uhrich ¹ , L.E. Novelli ^{1,3} , S.M. Benintende ¹	



IMPACTO DEL MANEJO SOBRE LA MICROBIOTA EDAFICA Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	1553
Frasier I. ^{1*} , F.M. Barbero ² , G. Posse ³ , S. Vangeli ³ , C. Pérez Brandan ⁴ , M.F. Gómez ⁵ , R. Fernandez ^{5,6} , A. Quiroga ^{5,6} , S. Restovich ⁷ , J. Meriles ² , D.L. Serri ^{8,10} , E.M. Figuerola ⁹ , M. Rorig ¹ , C. Molina ¹ , E. Noellemeyer ⁴ , S. Vargas Gil ^{8,10}	
MINERALIZACIÓN POTENCIAL DE TRES ENMIENDAS ORGÁNICAS: CONTRIBUCIONES PARA SU APLICACIÓN EN SISTEMAS HORTÍCOLAS	1559
Gaona Flores M.A. ^{1,2*} , D. Serri ^{1,3} , V. Silbert ⁴ , A. Ringuélet ⁵	
DIVERSIDAD DE HONGOS MICORRÍDICOS EN ASOCIACIÓN CON <i>LOTUS TENUIS</i> EN LA CUENCA DEL RÍO SALADO	1560
García, I. ¹ , F. Covacevich ² , C. Fernandez-López ³ , M. Cabello ⁴	
IMPACTO DE NANOFERTILIZANTES EN LA MICORRIZACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE MEDICAGO TRUNCULATA	1566
Giachero, M. L. ^{1,2,4} ; Marquez, N. ^{1,2,4} ; Ranieri, V. ^{1,2,4} ; Ciacci, M. B. ^{1,3,5}	
RESPUESTA DEL MICROBIOMA DE SUELOS ÁRIDOS DE PATAGONIA AL CESE DE VERTIDOS DE EFLUENTES PESQUEROS	1567
Giudici, P. ¹ , M. Marcos ^{1,*} , N. Olivera ¹	
ESTUDIO DE LA COMUNIDAD MICROBIANA DEL SUELO EN PARCHES DEL ARBUSTO HALÓFILO <i>ATRIPLEX LAMPA</i>	1568
Giudici, P. ¹ , M. Marcos ^{1,*} , N. Olivera ¹	
EFFECTO DE LEGADO DE LAS PLANTACIONES DE PINO EN EL SUELO DE ESTEPA	1569
Gonzalez-Polo, M. ^{1*} , I.A. Garibotti ¹ , M.P. Crego ² , P.S. Satti ¹	
BACTERIAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES EN UN SUELO EN SUCESIÓN DE CULTIVOS ANDINOS DE LA PUNA	1574
Hernández Guijarro, K. ^{1,*} , F. Covacevich ² , G. Caruso ³ , D.C. Castro ⁴	
APLICACIÓN COMBINADA DE BIOCARBÓN Y DIGERIDO ANAERÓBICO COMO FERTILIZANTE: DINÁMICA DE C, N Y P	1575
Iocoli, G.A. ^{1*} , L. Orden ^{1,3} , M. Garay Schiebelbein ¹ , M. C. Zabaloy ^{1,2}	
DINÁMICA DEL N EN SUELOS DEL SO BONAERENSE CON ALTA HUMEDAD FERTILIZADOS CON DIGERIDO ANAERÓBICO	1576
Iocoli, G.A. ^{1*} , M. Alcetagaray ¹ , L. Orden ^{1,3} , M. C. Zabaloy ^{1,2}	
EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO SOBRE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN SUELOS AGRÍCOLAS	1577
JECKE, F. ^{1,2} , MOUSEGNE, F. ^{1,2} , ROMANIUK, R. ³ CARFAGNO, P. ³ , Zufiaurre, E. ^{3,4} & BELTRÁN, M. ^{1,3}	



COMPARACIÓN DE LA MICROFLORA PRESENTE EN 2 LOTES CULTIVADOS CON FRUTILLA	1578
Lovaisa, N.C. ¹ , P.A.G. Delaporte Quintana ¹ , J.A. Mariotti Martínez ² , R.O. Pedraza ¹ , S.M. Salazar ^{1,2,*}	
CAMBIOS EN LA COLONIZACIÓN MICORRÍCICA NATURAL DE GENOTIPOS DE TRIGO INOCULADOS CON AZOSPIRILLUM ARGENTINENSE AZ39	1579
Maccari Murray, F. ^{1,*} , L.P. Di Salvo ^{1,2} , G.E. Tranquilli ³ , I.E. García de Salamone ¹	
GLOMALINA, CBM Y FDA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES Y BOSQUE NATIVO EN LA PROVINCIA DEL CHACO	1580
Mansilla, N. P. ¹ ; Sotelo, C. E. ² ; Pérez, G.L. ² ; Sirio, A. ² ; Rojas, J.M. ³	
EFFECTO DEL USO DE EXTRACTOS BOTANICOS SOBRE LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y EL CRECIMIENTO VEGETAL	1581
Marino, L.C. ^{1,*} , D. Borzone ² , M. Richeri ¹ , A.L. Cardillo ¹ , L. González Paleo ¹ .	
MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELOS DE UN AMBIENTE SEMIARIDO CON APLICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS BIOTRANSFORMADOS	1582
Martínez J.M. ^{1,*} , J. Moisés ¹ , M.E. Duval ¹ ; R.J. García ² , J.A. Galantini ³	
CULTIVOS DE SERVICIOS Y SALUD DEL SUELO: USO DE BIOINDICADORES	1588
Martos GG ^{1,2} , Cuadra AF ² , Perato SM ³ , Díaz Ricci JC ³	
INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE: EFECTOS A LARGO PLAZO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS, ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y COMUNIDAD MICROBIANA	1589
Maury, M.* ¹ ; L.A. Gabbarini ² ; M.B. Conde ¹ ; C.L. Aban ³ ; C. Lorenzon ¹ ; J. Ortiz ¹ ; V. R. Pegoraro ¹ ; L.Pereyra ¹ ; G. Velez ¹ ; R. Seravalle ¹ ; P. Marelli ¹ ; F. Salvagiotti; S. Bacigaluppo ⁴ ; V. S Faggioli ¹	
LA SUPRESIÓN DEL CULTIVO DE COBERTURA AFECTA LA COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD MICROBIANA RIZOSFÉRICA	1595
Morales, M.E. ^{1,*} , G.A. Iocoli ^{1,2} , M. Allegrini ¹ , J. Basualdo ² , M.B. Villamil ³ , M.C. Zabaloy ^{1,2}	
LA SUPRESIÓN DEL CCI ANTECESOR NO AFECTA LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FÚNGICA DE GIRASOL	1596
Morales, M.E. ^{1,*} , M. Allegrini ¹ , G.A. Iocoli ^{1,2} , J. Basualdo ² , M.B. Villamil ³ , M.C. Zabaloy ^{1,2}	
BACTERIAS EDÁFICAS DE AMBIENTES ÁRIDOS CON PROPIEDADES PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN PLÁNTULAS DE TOMATE	1597
Navas M.D. ^{1,*} , J.G. Bueno ¹ , G.S. Vargas ¹ , E.M. Medina ¹ , F. Vazquez ¹ , Paroldi, H.E. ¹	



APORTES DE CULTIVOS DE COBERTURA Y COMPOST A LA FERTILIDAD Y SALUD DEL SUELO EN SISTEMA AGRICOLA EXTENSIVO AGROECOLOGICO	1598
Ortiz, J. ^{1,*} , V.S. Faggioli ¹ , V.R. Pegoraro ¹ , T. Baigorria ¹ , O.E. Gudelj ¹ , C.R. Cazorla ² , G. Velez ¹ , M.B. Aimetta ¹ , C.A. Lorenzon ¹ , M. Maury ¹ , L.A. Pereyra ¹ , L.A. Gabbarini ³	
DIVERSIDAD DE CULTIVOS MEJORA EL CARBONO Y LAS FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL SUELO EN UN SISTEMA AGROECOLOGICO	1599
Ortiz, J. ^{*1} , V.S. Faggioli ¹ , M. Zamora ² , M.F. Boccolini ¹ , C. Lorenzon ¹ , L.A. Gabbarini ³	
PRODUCTIVIDAD Y MICROBIOTA RIZOSFÉRICA ASOCIADA A UNA PASTURA MIXTA FERTILIZADA CON ESTIÉRCOL SECO	1605
Oyharçabal, E. ^{1,2,*} , F. Covacevich ^{1,3} , I. Bain ² , C.S. Acuña ² , G.D. Berone ²⁴	
DEL SUELO A LA ENDORIZOSFERA: MICROBIOTA BACTERIANA ASOCIADA A PLANTAS DE TOMATE	1611
Paolini, M.S. ^{1*} , M.C. Gortari ¹ , M.L. Galar ¹ , M.F. Luna ^{1,2} , S.A. Vio ¹	
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE BACTERIAS CON CARACTERÍSTICAS PGPB, EN PLANTINES DE TOMATE Y CEBOLLA	1612
Paroldi, H.E. ^{1,*} , J.G. Bueno ¹ , M.D. Navas ¹ , E.M. Medina ¹ , L. Rodríguez ¹ , F. Vazquez ¹	
INFLUENCE OF FIRE UNDER THE POPULATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN CERRADO CAMPO LIMPO	1613
Patrício, J.A. ^{1*} , Souza, R.F. ² , Lucas, L.S. ¹	
UTILIZACIÓN DE BIOINSUMOS EN EL CULTIVO DE ALGODÓN EN LA PROVINCIA DEL CHACO	1614
Pérez, G. L. ¹ , J. D. Galloso ¹ , C. E. Sotelo ¹ , C. N. Balbi ² , D. Kreis ³ , N. P. Mansilla ³	
PROTOCOLO PARA PRODUCCIÓN ORGANICA DE HORTALIZAS CON ENFASIS EN BIOLOGIA DE SUELOS Y OTRAS PRÁCTICAS	1615
Quinteros, M.A. ^{1*} , H.A. Sanchez ¹ , M. Teran ² , C. Paz ³	
UTILIZACIÓN DE COMPOST DOMICILIARIO COMO SUSTRATO EN LECHUGA (<i>LACTUCA SATIVA L.</i>)	1620
Ringuelet, A. ^{1*} , J. Koristchner ¹	
ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTO EN EL CORTO PLAZO SOBRE INDICADORES DE SALUD EDÁFICA	1626
Romero, J. ¹ , L.B. Pio D'Onofrio ¹ , G.V. García ^{1,2} , L. Bassi ^{1,3} , M.M. Echarte ^{1,2} , H.R. Sainz Rozas ^{1,2} , N. Wyngaard ^{1,2} , N.I. Reussi Calvo ^{1,2} , W.D. Carciochi ^{1,2,*}	



RESPUESTA FISICO-HIDROLOGICA Y MICROBIANA A LA INTENSIFICACION DE CULTIVOS EN SUELOS DEL SUDESTE BONAERENSE	1632
Ronco, J.L. ¹ , G. Fernández-Gnecco ^{2,3} , V.F. Consolo ² , G. S. Delgado, G.V. García ^{1,4} , P. A. Barbieri ¹ , F. Covacevich ^{2*}	
EL MANEJO AGRÍCOLA AGROECOLÓGICO MEJORA EL FUNCIONAMIENTO DEL MICROBIOMA DEL SUELO	1633
Roulet, M. S. ¹ ; Cereijo, A. E. ¹⁻² ; Mieres, L.N. ¹ ; Bonel, B. ² ; Silberman, J.E. ³	
DENSIDAD DE INVERTEBRADOS EN DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO Y SU RELACIÓN CON PROPIEDADES DEL SUELO	1634
Saluso, A. ^{1,2*} , L. Coll ² , A.L. Cuatrin ^{1,2} , V.C. Gregorutti ^{1,2} , R.P. Ecclesia ² , F. Beltramino ¹	
CLOROFILA "A" DE LA COMUNIDAD FOTOAUTOTRÓFICA DEL SUELO EN SECUENCIAS AGRÍCOLAS CON DIFERENTES MANEJOS	1635
Sánchez, C.I. ^{1*} , V.C. Gregorutti ^{1,2} , A.L. Cuatrin ^{1,2} , A. Saluso ^{1,2} , L. Coll ²	
MYCORRHIZAL FUNGI ARBUSCULAR IN SUGARCANE UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION SYSTEM	1636
Santos, M.E.F. ^{1*} , K.M.B. Matos ² , T.V. Dias ¹	
FOREST FIRES AND MYCORRHIZAL COLONIZATION RATE IN SOILS UNDER CERRADO VEGETATION	1637
Santos, M.L.F. ^{1*} , M.E.F. Santos ² , L.B.M. Santos ³	
APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS A LA ESPECIE NATIVA (<i>SALVIA PROCURRENS</i>) CON FINES DE RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS	1638
Sarti, G.C. ^{1,4*} , A.E. Cristóbal-Miguez ¹ , S. Arreghini ¹ , J.A. Curá ² , M. Kaplanski ³ , R. Serafini ¹ , L. do Carmo ¹ , A. Paz-González ⁴ , E.B. Giardina ³	
EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FUNCIONAL DE LA MACROFAUNA EDÁFICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL SUELO	1644
Scaglione, J. ^{1*} , S. Montico ^{1,2} , G.A. Montero ^{1,2}	
ACTIVIDAD ENZIMÁTICA COMO INDICADOR DE CALIDAD DE SUELOS BAJO HUERTAS DE LA PROVINCIA DEL CHACO	1649
Schahovskoy, N.C. ^{1,2} , L. Gabbarini ^{2,3} , J.M. Rojas ¹ , M.G. Wilson ⁵ , D.M. Toledo ⁴	
RESPUESTA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO AL USO DE EFLUENTE PORCINO Y FERTILIZACIÓN MINERAL	1654
Serri, D.L. ^{1,2*} , E.J. Campilongo Mancilla ^{1,2} , N.L. Bernardi Lima ³ , V. Pegoraro ^{1,4} , M. Quiroga ² , D. Mathier ^{1,5} , M. Bragachini ^{1,5} , N. Sosa ^{1,5} , S. Vargas Gil ^{1,2} .	



RESPUESTA DE VARIABLES MICROBIANAS Y QUIMICAS DEL SUELO A LA APLICACIÓN DE EFLUENTE PORCINO	1655
Serri, D.L. ^{1,2*} , C. Pérez Brandan, E.J. Campilongo Mancilla ^{1,2} , N.L. Bernardi Lima ³ , M. Quiroga ² , N. Sosa ^{1,5} , S. Vargas Gil ^{1,2}	
REEMPLAZO DE ARBUSTALES POR PASTURAS: IMPACTO EN LA MATERIA ORGÁNICA Y GLOMALINAS DEL SUELO	1656
Silberman, J.E. ^{1*} , R.A. Suarez ¹ , A.L. Anriquez ¹	
EFFECTO A CORTO PLAZO DE ABONOS VERDES EN VARIABLES BIOLÓGICAS DE UN SUELO HORTÍCOLA	1657
Sotelo C.E. ¹ , G.L. Pérez ¹ , S. Carnicer ¹ , J. Galloso ¹ , M. E. Castelan ¹	
COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE RIZOBIOS ASOCIADOS A LA ESPECIE <i>PROSOPIS KUNTZEI</i> (HARMS)	1658
Sotelo, C.E. ¹ , A. Peticari ² , M.M. Collavino ³	
ACTIVIDAD BIOLÓGICA EDÁFICA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES CON DISTINTOS AÑOS DE HABILITACION EN EL IMPENETRABLE CHAQUEÑO	1659
Sotelo, C.E. ¹ , N.P. Mansilla ² , G.L. Perez ¹ , S. Carnicer ¹ , M.M. Collavino ³	
RESPIRACIÓN EDÁFICA Y CARBONO ORGÁNICO DE UN SUELO DEL BOSQUE DE CALDÉN CON RALEO SELECTIVO MANUAL	1660
Toselli, L.I. ¹ , M.E. Gallace ^{1,*} , E.N. Hepper ¹ , M.S. Larroulet ¹	
CARACTERIZACION DE SITIOS CON DISTINTO MANEJO AGRICOLA MEDIANTE ANALISIS DE NEMATODOS Y LIPIDOS DEL SUELO	1661
Varela C.P. ¹ , M.F. Achinelly ² , A.E. Ferrari ^{1*} , L.G. Wall ¹	
DEGRADACIÓN Y EFECTO DEL FUNGICIDA IPRODIONE SOBRE LA MICROFLORA DE SUELOS TRATADOS CON VERMICOMPOST	1666
Verdenelli, R.A. ^{1*} , F.M. Barbero ¹ , M.F. Dominchin ¹ , J.M. Meriles ¹	
DETERMINACIÓN DE RESPIRACIÓN A CAMPO EN SUELOS DE REGIMEN ACUICO DE CORRIENTES	1667
Villalba F.D. ¹ , M.G.L. Acosta ¹ , M. Garay ¹ , D.M. Toledo ^{1*} , S.M. Contreras Leiva ¹ , S. Arzuaga ¹ , N.C Schahovskoy ²	
ROTACIONES Y DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA	1668
Viruel, E. ¹	
CAMBIO DE USO DEL SUELO: ESTUDIO A TRAVÉS DE INDICADORES DE CALIDAD EDÁFICA	1669
Viruel, E., Royo, V., Banegas, N. ¹	
ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE PROPIEDADES EDÁFICAS Y DIVERSIDAD VEGETAL EN SIERRAS DEL SUDESTE BONAERENSE	1670
Wraage, C.P. ^{1,2,*} , M.F. Alvarez ^{1,2} , M. Fernández Honaine ^{1,2} , G. D. Sottile ²	



IMPACTO SOBRE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELOS POR EL PASTOREO DIRECTO DE REMOLACHA FORRAJERA	1671
Navarro, L. ¹ , F. Zaragoza ^{1*} , L. Avilés ^{1,2} , J.J. Gallego ^{3,2} y O. Gajardo ^{1,2}	
ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN VERANO DE SUELOS BAJO CUBIERTA DEL VALLE INFERIOR, RIO NEGRO	1672
Zaragoza, F. ^{1*} , L.M. Avilés ^{1,2} , L.I. Navarro ¹ y O.A. Gajardo ^{1,2}	
INTEGRACIÓN RURAL-URBANA PARA AUMENTAR EL INGRESO DE CARBONO EN SUELOS AGRÍCOLAS PAMPEANOS	1673
Zubía, A. ¹ , M. Semmartin ¹	
DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS FITÓFAGOS Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN DIFERENTES ESPECIES DE CULTIVOS DE SERVICIO	1674
Zufiaurre, E. ^{1,2*} , B. Mestre ^{1,2} , F. Jecke ^{3,4} , F. Mousegne ^{3,4} , M. Beltrán ^{5,4}	
GÉNESIS, CLASIFICACIÓN, CARTOGRAFÍA Y MINERALOGÍA DE SUELOS	1676
MAPAS DE AGUA ÚTIL ESTIMADA DEL ÁREA DE RIEGO DEL RIO DULCE, SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA	1677
Angueira, M.C. ^{1*} , G. Cruzate ² , D.R. Prieto Garra ¹ , P. Savino ³	
VARIABILIDAD TEMPORAL DEL NIVEL FREÁTICO DE UN HUMEDAL SALINO Y SU INFLUENCIA EN LOS SUELOS	1678
Barbosa, O.A. ¹ ; D.A. Riscosa ¹ , R.A. Cerda ¹ , D.N. Belgrano Rawson ¹ , V.V. Scally ¹	
EVIDENCIAS DE EVOLUCIÓN DE SUELO SOBRE SEDIMENTOS EÓLICOS DE ACUMULACIÓN RECIENTE EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO	1684
Berger, M.G. ^{1*} , L. A. Iturri ^{1,2} , D. E. Buschiazzo ¹	
EVOLUCIÓN DE SUELO SOBRE SEDIMENTOS EÓLICOS DE ACUMULACIÓN RECIENTE Y POTENCIAS VARIABLES EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA	1685
Berger, M. G. ^{1*} , L. A. Iturri ^{1,2} , D. E. Buschiazzo ¹	
SUELOS HIDROMÓRFICOS Y PRESIÓN ANTRÓPICA, COMPARACIÓN ESPACIO TEMPORAL MEDIANTE CARTOGRAFIA DIGITAL	1690
Boff, L.D. ^{1,2,*} , D. Muntz ^{1,2}	
CAMBIOS EN EL CARBONO ORGÁNICO LÁBIL POR AGRICULTURIZACIÓN EN SUELOS DEL NEA Y NOA	1695
1* Cáceres Díaz, R. O.; 1 Ma. C. A., Morales Poclava; 2 H. R., Sainz Rosas; 3 N. Gomez; 4 L. Bolañez; 5 J. Rojas; 5 Y. Goitya; 6 Ma. Quinteros; 7 A. Madías	
CARACTERIZACIÓN DE FIRMAS FENOLÓGICAS PROMEDIO DE CULTIVOS	1701
Calandroni, M.B. ¹ , F.R. Jaimes ¹ , D.K. Zelaya ² , F.N. Cabria ¹	



ALCALINIZACIÓN Y ANEGAMIENTO DE SUELOS EN LA PAMPA LOÉSSICA PLANA DEL ESTE DE CÓRDOBA Faule, L. ^{1,*} , M.F. Lanfranco ¹	1707
DESARROLLO DE SUELO A PARTIR DE TEFRA DEPOSITADA POR EL COMPLEJO VOLCANICO PUYEHUE-CORDON CAULLE Ferreiro, N. ^{1,*} , P. Satti ² , M.J. Mazzarino ²	1708
CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN UN ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA DE USHUAIA Gómez Samus, M. ^{1,*} , M. Martínez ¹ , F. Ponce ^{1,2} , L. Jara Poza ¹ , P. Bottone ¹ , C. Lobo ¹ , M. Peñalva ¹ , S. Kong ¹ , I. Magneres ² , A. Moretto ^{1,2}	1714
FORMACIÓN DE NEO-HORIZONTE EN SUELOS AFECTADOS POR LA ERUPCIÓN DEL CHAITÉN: INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA González Comunian, D. ¹ , C.G. Buduba ^{1,2} , L. La Manna ^{1,3*}	1715
GENERACIÓN DE MAPAS DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA ÚTIL EN LA REGIÓN CHACO-PAMPEANA ARGENTINA Gusmerotti, L.A. ^{1,2*} , J.L. Mercou ³	1716
AVANCES EN LA ACTUALIZACIÓN DE LA CARTA DE SUELOS HOJA 3363-17 MARCOS JUÁREZ Lanfranco, M.F. ^{1,*} , L. Faule ¹ , P.A. Bollatti ² , M.R. Pérez ³	1722
APLICACIÓN DEL ENFOQUE FISIAGRÁFICO PARA EL RELEVAMIENTO DE SUELOS SEMIDETALLADO EN EL DEPARTAMENTO GUARANÍ, MISIONES Moretti, L.M. ^{1,*} , L.M. Tenti ^{2,8} , S.E. Barbaro ¹ , L.A. Hopechek ³ , M. Lanfranco ⁴ , F. Alvarenga ¹ , J. Florentín ¹ , N.M. Pahr ⁵ , A. Von Wallis ⁵ , D.M. Rodríguez ² , G.A. Schulz ² , D. Escobar ⁶ , D.D. Ybarra ⁷ , S.C. Perucca ⁷ , B.E. Iwasita ¹	1723
COEFICIENTE HIGROSCÓPICO Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA EN LA CLASIFICACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE SUELOS DE LA PAMPA ONDULADA Morrás, H. ^{1,*} , E. Bressan ¹ , F. Biondi ¹ , L. Contardo ¹ , L. Benedito ¹ , J. Laghi ¹	1729
MINERALOGÍA DE LA FRACCIÓN ARENA DE LOS SUELOS Y SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA REGIÓN PAMPEANA. UNA REVISIÓN Morrás, H.J.M. ¹	1735
ROL DE BIOMINERALIZACIONES DE HIERRO, CALCIO Y SILICE AMORFA EN LA PEDOGÉNESIS Y DEGRADACIÓN DE SUELOS M. Osterrieth, ² Frayssinet, C. ^{1,2,*} , Frayssinet, L. ³ M.F Alvarez ^{1,2}	1741
LEVANTAMIENTO DE SUELOS EN EL PARTIDO DE ESCOBAR Paladino, I.R. ^{1,*} , J. Irigoin ² , L. Tenti-Veugen ² , A. Ottaviano ¹	1742
MAPPING SOIL DEPTH IN SOUTHERN PAMPAS ARGENTINA USING ANCILLARY DATA AND STATISTICAL LEARNING Peralta N.R. ¹ , C.A Alesso ² , J.L Costa ³ , N.F Martin ⁴	1747



EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE LAS TIERRAS PARA EL CULTIVO DE MANDIOCA EN EL NORESTE DE CORRIENTES	1751
Perucca, S.C. ^{1*} , A.M. Burgos ² , R.D. Medina ² , D.B. Kurtz ^{1,2} , R.A. Barrios ¹ , J.J. Bertollo ¹ , C.L.J. Flores ¹	
MAPEAMENTO DA DINÂMICA DA MUDANÇA DO USO DO SOLO NO BIOMA CERRADO MATO GROSSO BRASIL	1752
Pineda, H.V. ^{1,*} , A.L.A. Ribeiro ²	
ESTIMACIÓN DE LA RESERVA DE CARBONO EDÁFICA HISTÓRICA DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES	1753
Polentarrutti, P. ^{1,2} , R.A. Barrios ¹ , C. Fernández López ¹ y T.S Rey Montoya ^{1,2*}	
DETERMINACIÓN DEL COLOR DEL SUELO POR COLORIMETRÍA CON EL NIX MINI 1	1754
Sena, A.F.S. ^{1*} , Giasson E. ² , Valle, T.R.S. ¹ , Costa, J.J.F. ¹ , Silva, R.G.P.O. ¹	
SUELOS EN LA ZONA LITORAL MEDITERRÁNEA VALENCIANA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (VALENCIA, ESPAÑA)	1755
Soriano, M.D. ^{1*} , L. Garcia-España ² , E. Garcia-España ² , V. Pons ²	
CARTOGRAFÍA DIGITAL DE SUELOS A ESCALA DE PREDIO	1760
Tenti Vuegen, L.M. ^{1,2,*} , J. Irigoien ^{1,2} , E. Montes Galbán ^{1,3} , F. Trabichet ^{1,3} , L.M. Bulos ¹ , V. Wagner ¹ , M. Petrasek ^{1,3} , J. de los Angeles Ramirez ¹ , V.E. Bonvecchi ¹	
DETERMINACIÓN DE CRITERIOS DE REQUERIMIENTOS DE SUELO PARA MANÍ A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRONTERA	1766
Vicondo, M.E. ^{1,2,*} , J.M. Villar Mir ³ , M. Monetti ¹	
EVALUACIÓN DE APTITUD DE LAS TIERRAS PARA PINO TAEDA EN EL NOROESTE DE CORRIENTES	1767
Kurtz, D.B. ^{1*} , D.D. Ybarra ¹ , S.C. Perucca ¹ , A.R. Perucca ¹ , R.A. Barrios ¹ , C.L.J. Flores ¹	
AVANCES EN CARTOGRAFIA Y EVALUACION DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO SAN LUIS DEL PALMAR, CORRIENTES	1768
Ybarra D.D. ^{1*} , D.B. Kurtz ¹ , S.C. Perucca ¹ , A.R. Perucca, T.S. Rey Montoya ¹ , R.A. Barrios ¹ , C.L.J. Flores ¹ , J.P. Matteo ¹ , C.E. Grancic ¹	
EDUCACIÓN, EXTENSIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA CIENCIA DEL SUELO	1769
ARCILLAS Y ARTE CERÁMICO	1770
Billoni, S.L.	



COMPOSTAJE COMUNITARIO: UNA EXPERIENCIA CON LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA UARG	1771
Billoni, S.L, D.O. Grima, R.C. Asueta, C. Cadín Oyarzo, A. Torres, O. Modarelli, M.E. Arregui, L.L. Lucero Crespín	
EL ARTE DE DAR RESPUESTAS A LAS PROBLEMÁTICAS EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE TIERRAS	1776
Bonel, B.A. ¹ , S. Montico ¹	
DESDE EL SUELO PARA LA AGROECOLOGÍA: UN NUEVO ABORDAJE EN LA ENSEÑANZA DE MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA	1777
Bruno, C.V. ^{1*} , A. Heguiabehere ^{1*} , M.A. Porporato ^{1*}	
PRESENTE Y FUTURO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL SUELO DE LA EPG FAUBA	1778
Chagas, C.I. ¹ , F. Behrends Kraemer ^{1,2}	
“EL SUELO ESTÁ EN NUESTRAS MANOS...” COMPARTIENDO APRENDIZAJES EN ESCUELAS AGROTÉCNICAS DE JUJUY	1779
Diez Yarade, L.G. ^{1*} , G.S. Fernandez ¹² , P.R. Williams ³ , D. Gómez Borús ¹ , M. Valdiviezo Corte ¹	
“NUESTRO SUELO”: UNA ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN PARA CONTRIBUIR A LA SUSTENTABILIDAD DEL SUELO	1780
Guglielmone, P. ^{1*} , S. Bacigaluppo ² , F. Salvagiotti ²	
PLAN DE HUERTAS-JARDÍN URBANAS Y ORGÁNICAS EN HOSPITALES VERDES	1784
Kaplanski, M. ^{1*} , H.S. Steinbach ¹ , E. Giardina ¹ , H. Rimski Korsakov ¹	
EL SUELO Y SU ENSEÑANZA DESDE UNA PERSPECTIVA DE COMPETENCIAS EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO	1785
Olmos, G.V. ^{1*} , A. M. Acosta ¹ , A. Aquino ¹ , R.D. Biotti ¹	
LOS SUELOS EN LA ENSEÑANZA AGROPECUARIA ARGENTINA: 200 AÑOS DE INSTITUCIONALIDAD	1790
Plencovich, M.C. ¹ , F.A. Solari ¹ , L. Vugman ¹ , C. R. Alvarez ¹ y E. A. Ciarlo ¹	
APLICACIÓN DE RSTUDIO A LA ENSEÑANZA DE SUELOS	1791
Rack, M.G. ^{1*} , A.I. Galleguillo ¹ , S.M. Ocampo ¹ , M.F. Valenzuela ¹	
PROJETO EM DESENVOLVIMENTO EM HORTAS URBANAS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE- RS, BRASIL	1796
SANTOS, W. A ^{1*} , NASCIMENTO, P. C ¹ , DUARTE, T. S. ²	



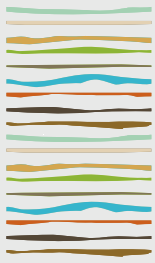
**PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE Y PRÁCTICA
EDUCATIVA COMUNITARIA A PARTIR DE “TALLERES DE COMPOSTAJE”** 1797
Sokolowski, A.C.^{1*}, S.P. Debelis¹, J.E. Wolski¹, I. Paladino^{1,2},
B. Prack Mc Cormick¹; F. Rodríguez Blanco¹, M.B. Barrios¹

**RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR LA SECCIÓN
DE ENSEÑANZA DEL SUELO Y CONCIENCIACIÓN CIUDADANA DE
LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO PARA EL
CONOCIMIENTO DEL SUELO Y SUS PROPIEDADES.
ACTIVIDADES SECCIÓN DE ENSEÑANZA DEL SUELO.
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO** 1798
Lull, C.¹, M.D. Soriano^{2,*}



Biología y Agroecología de Suelos





EFFECTO DE LA INOCULACIÓN SOBRE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS EN CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ

Aguilar Vasquez, N.N¹, J.S. Escobar Ortega, J. Vera Coca¹, I. E. García de Salamone².

¹Centro Fitotécnico y de Semillas Pairumani, Cochabamba, Bolivia;

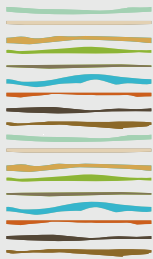
²Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

El maíz es uno de los principales cereales cultivados del mundo. Durante la campaña 2021/2022 es el que tuvo la mayor producción mundial con 1 162 millones de toneladas de cosechadas y con un rendimiento promedio de 5,75 t ha⁻¹, superando al trigo y al arroz con 760 y 756 millones de toneladas de grano, respectivamente. Nuevas prácticas agrícolas son importantes para aumentar la producción de una manera más sostenible. Con una mejor comprensión de las interacciones planta-suelo y el manejo de microorganismos benéficos del suelo. Se ha establecido que la respuesta agronómica por inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) como *Azospirillum. brasilense* y *Pseudomonas fluorescens* ha mostrado alta variabilidad en condiciones de campo. Esto se debe a interacciones complejas entre el genotipo de la planta, las cepas inoculadas y las condiciones ambientales. Algunos autores demostraron una interacción significativa entre las cepas inoculadas y el genotipo de la planta en experimentos con maíz, arroz y trigo. Por eso, se realizó un ensayo en campo experimental ubicado a 17° 36' Latitud Sur y 66° 33' Longitud Oeste, municipio de Vinto, departamento de Cochabamba, Bolivia, para estudiar el efecto de la coinoculación con las PGPR mencionadas sobre diversidad estructural y funcional de comunidades microbianas endofíticas y superficiales presentes en muestras de raíces de cuatro genotipos bolivianos de maíz con distintas historias de mejoramiento. Se aplicó un diseño en bloques completos al azar en parcelas divididas, con tres repeticiones. Los genotipos se ubicaron en las parcelas principales y fueron Compuesto 20-liberada en los años 80, Choclero 2-liberada en el año 2000 y Compuesto 22-liberada en el año 2016 del Centro Fitotécnico y de Semillas Pairumani y Waltaco que es un germoplasma nativo-conservado. En las subparcelas, se aplicó el control y la coinoculación, justo antes de la siembra. En estado vegetativo (V4-V5) y en floración se tomaron muestras de raíces para extraer ADN y amplificar el gen *nifH* con los primers polF y polR. Se usó la enzima HaeIII para la restricción de los productos de amplificación. también se obtuvieron los perfiles de uso de fuentes carbonadas (CLPP). Los datos de la caracterización de la diversidad funcional y estructural se evaluaron mediante métodos de análisis multivariado y el índice de diversidad de Shannon (H). El análisis de las comunidades microbianas mostró que la coinoculación con PGPR cambió el perfil estructural de las comunidades microbianas asociadas a las raíces de los genotipos Waltaco y Compuesto 22. Presentando el primero mayor abundancia relativa de T-RF. El análisis de los CLPP y T-RF mostró diferencias significativas entre ambos momentos de muestreo, pero el índice de diversidad H indica que la coinoculación en los diferentes genotipos de maíz, no modificó la diversidad estructural ni funcional de las comunidades microbianas asociadas. Se destaca la importancia del genotipo vegetal y la fenología del cultivo sobre la diversidad funcional y estructural en las comunidades microbianas.

Palabras clave: PGPR, CLPP, T-RFLP





EFECTO DEL PASTOREO ROTATIVO EN SUELOS DE PASTIZALES NATIVOS DEL SUDESTE BONAERENSE, ESTUDIOS PRELIMINARES

Alvarez, M.F.^{1,2,*}, P.A. Martínez³, N.L. Borrelli^{1,2}, M. Zannato, M. Osterrieth^{1,2} y E. Zugasti

¹ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras CONICET-UNMdP;

² Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario CIC-UNMdP;

³ Departamento de Biología, FCEyN-UNMdP,

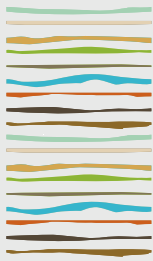
Funes 3350, 7600 Mar del Plata. *alvarezmfernanda13@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un estudio llevado a cabo en el SE bonaerense en un sistema de pastoreo rotativo en pastizales nativos. El pastoreo rotativo o regenerativo es un sistema en el cual luego de un tiempo de permanencia breve del ganado en las parcelas, se deja descansar la pastura o campo natural para el rebrote de las plantas. Por otro lado, este tipo de pastoreo sobre pastizales nativos cobra importancia ya que las especies nativas son las de mayor adaptación al ambiente local, y a su vez, acumulan una reserva forrajera en los periodos de descanso. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del pastoreo rotativo en pastizales nativos sobre las propiedades físico-químicas y organismos de la fauna en suelos del SE bonaerense. Se trabajó en un sistema de pastoreo ubicado en la Reserva Natural Privada Paititi, allí se distinguen 2 sub-ambientes: pajonal (*Paspalum quadrifarium*), flechillar (*Bromus* sp., *Festuca* sp., *Stipa* sp., entre otras). Los suelos del área corresponden a la serie SP9, dominada por Hapludoles líticos. Se tomaron muestras de suelos en el pajonal y en el flechillar, en 2 años consecutivos (2021 y 2022). Se determinaron densidad aparente, resistencia mecánica, estabilidad de agregados, pH y materia orgánica, abundancia y diversidad de organismos de la fauna, en particular de ácaros oribátidos. Los resultados obtenidos hasta el momento muestran que algunas propiedades no se modificaron de un año al siguiente, en ninguna de las profundidades analizadas. Así, la estabilidad de agregados fue de casi del 100% tanto en el pajonal como en el flechillar, el pH fue ligeramente ácido en ambos pastizales (5-6), mientras que la materia orgánica mostró valores del 10 al 12%. En cambio, la densidad aparente registró valores entre 0,5 y 1,25 g/cm³, siendo éstos significativamente diferentes entre profundidades ($p < 0,005$), pero no entre pastizales. Por otro lado, la resistencia mecánica mostró valores mayores en el año 2022, siendo significativos ($p < 0,005$), entre el pajonal '21 (1,07 MPa) y el flechillar '22 (2,26 MPa), y entre flechillar '21 (1,32 MPa) y '22 (2,26 MPa), pero no entre profundidades. Estas diferencias podrían atribuirse a que, por un lado, el ganado vacuno volvió a pastorear luego de rotar en el resto de las parcelas. Y por otro, este año 2022 hasta el momento de muestreo, fue menos lluvioso (585mm). Con respecto a los organismos de la fauna se encontró mayor abundancia de ácaros oribátidos y de otros grupos en el 2022. Asimismo, en el 2022 se observó mayor diversidad de oribátidos (23 especies) con respecto al año anterior (11 especies). En este sentido, se está trabajando sobre la ecología de estos organismos, ya que, si bien algunas propiedades del suelo no mostraron variaciones entre pastizales en el tiempo analizado, habría alguna preferencia de estas especies por las propiedades del suelo presentes. Se prevén nuevos muestreos en las próximas estaciones del año para poder comparar variaciones en las distintas propiedades del suelo y en la abundancia de organismos en relación a los diferentes pastizales.

Palabras clave: ganadería sustentable, organismos del suelo, propiedades físico-químicas.





CALIDAD DEL SUELO BAJO DIFERENTES MANEJOS EN EL CALDENAL II: NITRÓGENO DISPONIBLE Y ACTIVIDAD UREASA

Ambrosino, M.L.^{1,2}, G.S. Lorda^{1*}, Y. A. Torres^{3,4}, L.V. Armando⁴, R.D. Ernst¹, L.S. Ithurrart⁴,
F.R. Blázquez⁴, C.T. Lucero¹, F.E. Pagliero¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa (FCEyN-UNLPam);

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET);

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC);

⁴ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS);

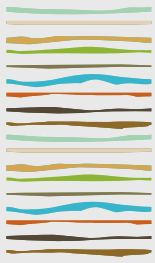
* Ruta Nacional 35, km 334, (6300) Santa Rosa, Prov. de La Pampa, graciela.lorda@gmail.com

RESUMEN

En La Pampa (Argentina), se están realizando diferentes manejos en los pastizales naturales arbutizados, para reducir la cobertura de leñosas y restituir la vegetación. El nitrógeno (N) es un nutriente esencial, y el proceso de mineralización convierte las formas orgánicas en formas inorgánicas, disponibles para las plantas. El estudio de la actividad ureasa indica la disponibilidad potencial de N a partir de formas orgánicas, producto de la actividad microbiana. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la cobertura de especies leñosas, y de diferentes intervenciones, realizadas en un pastizal natural de bosque de caldén, sobre el Nitrógeno orgánico (Norg) e inorgánico (Ni), y la actividad ureasa (AU) del suelo. En la Reserva Provincial Parque Luro (36°54'49"S; 64°15'41"O), se seleccionaron dos fisonomías de bosque: la primera (Fisonomía 1), había sido sometida a una quema y posterior raleo mecánico, con trituradora forestal (QRmec) en 2017; y la segunda (Fisonomía 2), solo a Raleo mecánico (Rmec) en 2019. Además, se establecieron controles sin intervenir (C-QRmec y C-Rmec, respectivamente). En mayo de 2022, se muestreó suelo (0-15 cm; n=5) en parches de árboles y arbustos (AA), solo arbustos (A) y vegetación gramínea-herbácea (G). Los datos se analizaron mediante ANOVA y LSD de Fisher al 5%, y Correlaciones de Pearson. En la Fisonomía 1, los parches AA presentaron mayores contenidos de Norg (promedio±E.E.= 3,81±0,31 g kg⁻¹) que los parches A (2,36±0,16 g kg⁻¹), y se vieron afectados por las intervenciones realizadas [4,51±0,39 g kg⁻¹ (QRmec) y 3,11±0,15 g kg⁻¹ (C-Rmec)]. Además, dentro de QRmec, los parches AA presentaron los valores más altos de Ni y AU [Ni (mg kg⁻¹)= 72,92±4,15 (AA), 44,32±10,88 (A) y 38,90±3,26 (G); AU (μmoles de N-NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹)= 25,12±2,58 (AA), 12,85±0,68 (G) y 12,60±1,05 (A)]. En la Fisonomía 2, las áreas Rmec presentaron mayor Norg (3,49±0,21 g kg⁻¹) que C-Rmec (2,06±0,12 g kg⁻¹), y no se detectó efecto de ninguno de los factores sobre el Ni (32,97±2,44 mg kg⁻¹). Dentro de C-Rmec, los parches G mostraron los mayores niveles de AU [AU (μmoles de N-NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹)= 29,06±1,37 (G), 20,54±0,87 (A) y 17,97±0,73 (AA)] y la aplicación del raleo mecánico, incrementó la actividad en los parches AA [AU (μmoles de N-NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹)= 23,13±1,45 (Rmec) y 17,97±0,73 (C-Rmec)] y en los parches A [AU (μmoles de N-NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹)= 24,97±0,49 (Rmec) y 20,54±0,87 (C-Rmec)]. En ambas fisonomías, incrementos en Norg se relacionaron con aumentos en Ni [r= 0,66, p= 0,0002 (Fisonomía 1); r= 0,40, p= 0,0405 (Fisonomía 2)]. Dentro de QRmec se detectaron correlaciones positivas entre Norg y Ni (r= 0,78, p= 0,0029), Norg y AU (r= 0,68, p= 0,0056) y Ni y AU (r= 0,70, p= 0,0112). Si bien son resultados preliminares, la aplicación de tratamientos mecánicos que incorporan material vegetal triturado en los primeros 15 cm del suelo, determinan aumentos en los valores de Norg. La presencia del estrato arbóreo tendría un efecto significativo sobre los parámetros estudiados. La aplicación combinada de manejos, estimularía las actividades microbianas y la conversión de las formas orgánicas de N.

Palabras clave: arbustización, nitrógeno orgánico, nitrógeno inorgánico.





MATERIA ORGÁNICA Y ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS BAJO CULTIVOS DE COBERTURA EN SANTIAGO DEL ESTERO

Anriquez, A.L.^{1*}, G.R. Galván¹, S. Prieto Angueira^{1,2}, J.L. Delgado¹

¹ Facultad de Agronomía y Agroindustrias-UNSE;

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero;

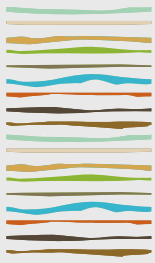
*Av. Belgrano (S) 1912, (4200), Santiago del Estero, ananriquez@hotmail.com

RESUMEN

En la región del Chaco semiárido las alternativas que se plantean, para mejorar o mantener la productividad, conservando el recurso suelo, son la siembra directa (SD), rotaciones de cultivos y cultivos de cobertura (CC). Sin embargo, son escasos los estudios sobre los efectos de los CC sobre el suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos que produce, en el corto plazo, la inclusión de CC en la secuencia soja-maíz sobre indicadores de calidad del suelo. El experimento se realizó en la localidad de Isca Yacu (27°06'S, 64°39'W), Santiago del Estero (Argentina) perteneciente al Chaco semiárido. Los tratamientos fueron: 1) (BQ): Control (barbecho químico sin cultivo de cobertura, 2) (C): Cultivo puro de *Secale cereale* (centeno), 3) (V): Cultivo puro de *Vicia villosa* (vicia), 4) (M): Asociación de cultivos 25% centeno + 75% vicia (Mezcla). Los CC se sembraron 5/5/2019. El muestreo se realizó después de la secuencia soja/CC/maíz/barbecho (diciembre 2020), a dos profundidades de suelo (0-5 cm y 5-20 cm). Las variables evaluadas, fueron: Carbono orgánico del suelo (COS), Nitrógeno total (NT), Carbono y Nitrógeno de la materia orgánica particulada (COP y NOP respectivamente), respiración edáfica (RE) y Nitrógeno potencialmente mineralizable (NAN). En todas las variables, se registraron mayores magnitudes en la primera profundidad, debido a la estratificación de la materia orgánica en el perfil producida por la SD. En la segunda profundidad COS presentó los mayores valores en C, mientras que en COP fue mayor en C y V. El NT (en ambas profundidades) y NOP (en la primera profundidad) presentaron menores valores en C, V y M, comparados con BQ. Mientras que NOP, en la segunda profundidad, fue significativamente mayor en los tratamientos V y M. La respiración edáfica en la primera profundidad fue menor en todos los tratamientos comparados con BQ, mientras que en la segunda profundidad fue significativamente mayor en V. Los tratamientos V y M presentaron, en la primera profundidad, aumentos significativos de NAN en comparación con BQ. Por lo tanto, se concluye que: i) la inclusión de CC en la secuencia de cultivo soja-maíz, a los 15 meses de la supresión, modifica el contenido de COS en función de la especie utilizada, mientras que disminuye el NT independientemente de las mismas; ii) el contenido de C y N en las diferentes fracciones de la MOS está en función de la calidad y cantidad de los aportes de materia seca por parte de los CC; iii) el centeno como CC favorece al carbono, mientras que la vicia al nitrógeno de las fracciones más lábiles de la MOS; iv) los CC disminuyen la actividad microbiana a los quince meses de secados; v) la participación de la vicia en CC puro o asociado a centeno aumenta la actividad microbiana relacionada al ciclo del nitrógeno, por lo que su incorporación es importante para el suministro de este nutriente a los cultivos estivales.

Palabras clave: fracciones de materia orgánica, respiración edáfica, nitrógeno potencialmente mineralizable.





EVALUACIÓN DE LA COINOCULACIÓN CON MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO Y BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM EN SOJA

S.C. Appelhans^{1,2,3*}, R.N. Gutierrez³

¹ INTA EEA Paraná; ² CONICET; ³ FCA-UNER;

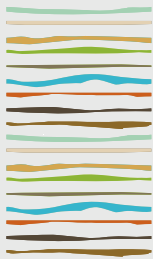
* Ruta Provincial 11, km 12, (3101) Oro Verde, Prov. de Entre Ríos, Appelhans.stefania@inta.gob.ar

RESUMEN

El fósforo (P) es un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, que limita los rendimientos si su disponibilidad en el suelo es deficiente. En condiciones de deficiencia de P, existen plantas adaptadas que aumentan la absorción de P asociándose con los microorganismos del suelo. Estos microorganismos pueden incrementar el P disponible en el suelo, mediante la solubilización del P inorgánico, o la mineralización de P orgánico mediante enzimas fosfatasa. La coinoculación consiste en la inoculación simultánea de las semillas de los cultivos con rizobios y otros microorganismos benéficos que ayudan a mejorar el crecimiento o sostener el desarrollo del cultivo. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la coinoculación con diferentes microorganismos solubilizadores de P (bacterias y hongos) en la nodulación, la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo de soja. Para ello se efectuó un ensayo en invernáculo donde se evaluaron los siguientes tratamientos: 1) Testigo, 2) Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum*, 3) Coinoculación con *B. japonicum* y *Pseudomonas fluorescens*, 4) Coinoculación con *B. japonicum* y *Trichoderma harzianum*, 5) Coinoculación con *B. japonicum* y *Bacillus velezensis*. La dosis de inoculante utilizada fue de 2 ml/kg de semilla en todos los casos ($>10^9$ unidades formadoras de colonias/ml para bacterias y 1,3 conidios/mL para Trichoderma, determinados en el laboratorio LBPCV de INTA Castelar). Se realizaron 16 repeticiones para cada tratamiento (4 repeticiones por momento de muestreo) dispuestos aleatoriamente en el invernáculo. Se utilizaron macetas sopladas de 10 L con sustrato formado por 1 parte de perlita, 2 partes de arena previamente lavada, y 2 partes de suelo. El sustrato presentó un nivel de fósforo de $8,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de P-Bray1. El ensayo se sembró el 17/11/2021 con una variedad de soja 55R20 de Don Mario con 6 semillas por macetas que fueron raleadas a 3 plantas en V2 y a 2 plantas en V3. Los momentos de muestreo fueron a los 21, 42, 99 y 136 días desde la emergencia (DDE), en los estadios fenológicos de V3, R2, R5.5 y R8, respectivamente. Las variables determinadas fueron: biomasa aérea y radical, número y peso de nódulos y rendimiento. La biomasa aérea y radical por planta no mostró diferencias estadísticamente significativas para las medias de los tratamientos evaluados tanto en V3 como en R2. Los resultados mostraron que el tratamiento de coinoculación con *B. japonicum* y *P. fluorescens* presentó mayor acumulación de materia seca aérea ($p < 0,05$) comparado a los demás tratamientos en el muestreo realizado en R5.5. Sin embargo, este tratamiento presentó el menor número de nódulos únicamente en dicho momento de muestreo ($p < 0,05$). Además, no se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos para el peso de nódulos en ningún momento de muestreo. En cuanto al rendimiento por planta, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, aunque trabajos futuros deberían evaluar si la coinoculación con microorganismos solubilizadores de P, mejora la acumulación de P y N en el cultivo de soja.

Palabras clave: coinoculación, rendimiento, nodulación





EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA SOLARIZACIÓN SOBRE PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS DE UN SUSTRATO

Ayoub I.^{1*}, E. D. Bigatton¹, D. Ortiz², M. V. Archilla¹, E. I. Lucini¹, C. Vázquez¹ y M.V. Moreno²

¹ Cátedra de Microbiología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba;

² Estación Experimental INTA Manfredi

Ruta Provincial 9, km 636, Prov. de Córdoba

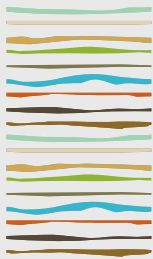
*iayoub@unc.edu.ar

RESUMEN

Para el control de plagas y enfermedades en sustratos para producciones intensivas, resulta importante encontrar alternativas sustentables en reemplazo a compuestos químicos. La solarización es una de las herramientas más promisorias por su bajo costo de montaje y eficiencia en el control. Esta técnica consiste en la desinfección hidrotérmica del suelo o sustrato con el objetivo de reducir la carga microbiana total, entre ellos los microorganismos patógenos y también las malezas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de desinfección de la solarización sobre un sustrato para uso en macetas en la región centro de Córdoba, Argentina. Para ello se realizó un ensayo en la Estación Experimental INTA-Manfredi. Se utilizaron dos materiales plásticos, el primero ubicado en la parte inferior fue de polietileno de baja densidad con un espesor de 250 μm , mientras que el segundo correspondió a polietileno cristal de 150 μm de espesor. Entre ellos se colocaron 12m³ de sustrato (arena: tierra, 1:1) conformando una capa de 15 cm, se humedecieron y fueron expuestos a la radiación solar durante 4 meses (Dic 2021-May 2022). Además, se realizó un control de sustrato sin solarizar. Para la determinación de parámetros biológicos, se realizó una suspensión inicial de 10 g de muestra en 90 ml de agua peptonada. A partir de ésta, se realizaron diluciones progresivas al décimo y se cuantificaron microorganismos celulolíticos, nitrificadores y amonificadores en medios líquidos específicos utilizando la técnica del número más probable (NMP). Se evaluaron bacterias fijadoras de nitrógeno (FBN), aerobios mesófilos, hongos y levaduras, microorganismos proteolíticos y *Bacillus* spp por medio de recuento en placa. Todas las muestras fueron incubadas a 28°C con tiempos variables según el crecimiento de cada grupo microbiano. La determinación de parámetros químicos, se realizó preparando una suspensión de la muestra en agua (1:2,5) y se determinó el pH. La conductividad eléctrica (CE) y los sólidos totales disueltos (STD) se midieron mediante la técnica extracto de pasta saturada. Los resultados evidenciaron que la carga microbiana se redujo entre 54% y 100% en el total de grupos analizados. Los mayores valores de disminución se obtuvieron para proteolíticos (90%), mesófilos (93%) y hongos (100%). La microbiota conformada por amonificadores y FBN se redujo 78% con respecto al control, mientras que levaduras y *Bacillus* spp disminuyeron 64% y 69%, respectivamente. En cuanto a los nitrificadores la disminución fue de 81% y para celulíticos fue 54%. Se registró una reducción del 99% de malezas con respecto al sustrato no solarizado. En cuanto a los parámetros químicos, el pH disminuyó 1,9%, mientras que la CE y los STD aumentaron (5,91% y 169%, respectivamente) para el sustrato solarizado. La solarización permitió reducir la abundancia de especies fúngicas, bacterianas y malezas en el sustrato analizado. El uso de esta técnica de desinfección previo a la siembra permite disminuir la utilización de insumos químicos.

Palabras clave: grupos funcionales, microbiota, malezas, desinfección.





MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS: BIOINDICADORES DE RECUPERACIÓN DE ECOSISTEMAS EN LOS ANDES ORIENTALES COLOMBIANOS

Baquero S.¹; J. Caicedo¹; O.F. González¹; J. Polanía^{1,*}

¹Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín;

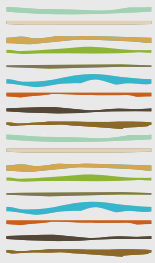
* Calle 59A No 63 - 20, Bloques 11, 14, 41 y 52, Campus Central, Medellín, Colombia, jhpolaniav@unal.edu.co

RESUMEN

La diversidad de macroinvertebrados permite medir la calidad de los suelos montaños tropicales, pues responde directamente a variaciones en las condiciones fisicoquímicas de la capa edáfica superficial. El presente estudio caracterizó la diversidad y composición de familias de macroinvertebrados edáficos en cinco coberturas de la Reserva Natural de la Sociedad Civil "La Montaña Mágica-El Poleo" (MMEP) en Santander, Colombia: (i) bosque conservado, (ii) restauración pasiva, (iii) núcleos de restauración por estacas, (iv) cultivos y (v) suelos degradados. La respuesta de estos organismos a las condiciones del suelo se determinó a partir de cuatro muestras de los 5 cm superficiales por cobertura. Muestras de individuos tomados mediante sacos Winkler fueron identificadas hasta el nivel de familia y se calcularon índices de diversidad y pruebas de Anova y Dunnett. Se registraron 591 individuos, pertenecientes a 37 familias y 15 órdenes, particularmente representantes de Formicidae (Hymenoptera), Scydmaenidae y Curculionidae (Coleoptera). No hubo diferencias significativas en el número de familias ni de individuos de las coberturas en proceso de restauración (ii) y (iii), con respecto al bosque conservado (i), pero sí de este con respecto a cultivos (iv) y suelo degradado (v). Esto evidencia una respuesta de las comunidades de macroinvertebrados edáficos a presiones antrópicas del suelo y subraya su importancia como indicadores sensibles a la restauración ecológica bajo diferentes métodos en los Andes orientales colombianos.

Palabras clave: suelo, diversidad, ensamblaje, restauración ecológica.





RESPUESTA DE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS A LA CONVERSIÓN DE ECOSISTEMAS PRÍSTINOS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS INTENSIVOS

Barbero, F.M.^{1*}, R.A. Verdenelli¹, M.F. Dominchin¹, I. Frasier², E.C. Mlewski¹, S. Vargas Gil³, J.M. Meriles¹

¹Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-CONICET-UNC);

² Instituto de Suelos, CIRN-Conicet;

³Instituto de Patología Vegetal (IPAVE)-CIAP-INTA.

Av. Vélez Sarsfield 1611, (5000), Prov. de Córdoba, florenciamagalibarbero@gmail.com

RESUMEN

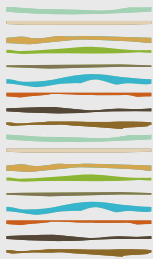
El suelo es uno de los ecosistemas más diversos y complejos del mundo. Los microorganismos del suelo juegan un papel crucial en los ciclos biogeoquímicos debido a que participan de procesos claves tales como: la dinámica de la materia orgánica (MO), el ciclado de nutrientes y los procesos de descomposición, influyendo en el crecimiento de las plantas y la producción de cultivos. El presente estudio tuvo como objetivo principal analizar la respuesta de las comunidades microbianas edáficas a los diferentes usos del suelo en la región Pampeana Argentina. Se recolectaron muestras en la localidad de Pergamino, Buenos Aires, que incluyeron tres tipos de usos: Monocultivo de soja (MN), rotación soja con cultivo de cobertura (RT) y pastizal natural conformado por gramíneas (PR). Las propiedades químicas analizadas fueron (MO) y nitrógeno total (NT). La actividad microbiana total se analizó por diacetato de fluoresceína (FDA) y actividad deshidrogenasa (DHA), y la actividad enzimática específica se analizó por medio de enzimas relacionadas al ciclo del C (glucoronidasa) y del nitrógeno N (ureasa). Para la estructura taxonómica de la comunidad se realizó el análisis por perfiles de ácidos grasos (PLFA). Las comunidades de Bacteria y Arquea fueron analizadas, además, por secuenciación y análisis bioinformático para determinar índices de diversidad.

El análisis de componentes principales integrador (CP) mostró una marcada separación entre el suelo PR y los suelos bajo uso agrícola MN y RT. El CP1, asoció directamente al suelo PR con FDA, DHA, glucoronidasa, ureasa y con el contenido de nutrientes (MO y NT). Respecto a la estructura taxonómica, el CP1 asoció a PR con los filos *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteriota* y *Chloroflexi*. Los suelos MN y RT fueron asociados principalmente con los filos *Gemmatimonadota*, *Verrucomicrobiota*, *Myxococcota*, y *Acidobacteria*. El CP2 separó principalmente a los suelos MN de RT, asociando al suelo MN con los filos *Firmicutes* y *Gemmatimonadota* y a los suelos RT con los filos *Verrucomicrobiota*, *Myxococcota*, *Acidobacteria* y *Crenarchaeota*. Los resultados de la secuenciación mostraron que *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Firmicutes* y *Actinobacteriota* fueron los filos dominantes en todos los suelos. La diversidad alfa (Chao1 y Shannon) fue significativamente mayor en los suelos PR que en los suelos bajo uso agrícola, siendo MN el de menor diversidad alfa.

Nuestros resultados sugieren que los sistemas productivos que no presentan una planificación de buenas prácticas agrícolas como rotaciones o inclusión de cultivos de cobertura, generan una disminución de las actividades enzimáticas totales y específicas, así como de las propiedades químicas del suelo influenciando cambios en la composición de las comunidades bacterianas del suelo. Nuestros resultados aportan información clave en la determinación de como los diferentes manejos o prácticas agrícolas generan cambios en relación a los suelos naturales tanto en estructura como en la funcionalidad microbiana del suelo.

Palabras clave: usos del suelo, comunidades microbianas, actividad enzimática.





POTENCIAL CITOTÓXICO DEL FUNGICIDA CAPTAN SOBRE ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS DEL SUELO BAJO DISTINTOS NIVELES DE DEGRADACIÓN

Barbero, F.M. ^{1*}, R.A. Verdenelli¹, M.F. Dominchin¹, S. Vargas Gil², J.M. Meriles¹

¹Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-CONICET-UNC);

²Instituto de Patología Vegetal (IPAVE)-CIAP-INTA. Av. Vélez Sarsfield 1611, (5000), Prov. de Córdoba, florenciamagalibarbero@gmail.com

RESUMEN

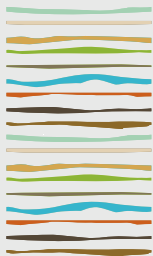
La aplicación de fungicidas es una práctica de manejo agrícola ampliamente utilizada para mejorar el rendimiento de los cultivos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el impacto del fungicida Captán sobre las actividades enzimáticas microbianas en suelos sometidos a un gradiente de degradación edáfica asociado al contenido de materia orgánica del suelo (MOS). Los suelos fueron colectados en la provincia de Córdoba e incluyeron tres niveles de manejo en función del contenido de MOS: TESTIGO: suelo prístino (L1); CONSERVACIONISTA: diez años de rotación 2:1 (soja-maíz) bajo siembra directa (SD)(L2) y CONVENCIONAL: trece años de monocultivo de soja bajo labranza convencional (L3). Los suelos fueron tratados con la formulación comercial del fungicida Captán. El experimento fue llevado a cabo en invernadero, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad. Las dosis de aplicación fueron 0, 1 y 10 veces la dosis recomendada a campo (0X, 1X, 10X). La actividad microbiana total se analizó por la técnica del diacetato de fluoresceína (FDA) y por la actividad deshidrogenasa (DHA). Las actividades enzimáticas específicas relacionadas al ciclo de nutrientes se analizaron por MUF (Derivados de 4-Metilumbelliferona) y se utilizó β -glucosidasa (ciclo de C), fosfatasa (ciclo del P) y ureasa (ciclo del N).

Nuestros resultados mostraron que en suelos L1, FDA incrementó significativamente con la aplicación de captan en relación al control. En L2 y L3, los valores más altos de FDA se registraron con captan en dosis 1X. Por otro lado, la aplicación de captan a dosis 10x redujo significativamente la actividad de la DHA en todos los niveles de manejo edáfico. Sin embargo, la dosis 1X en suelos L1 incrementó significativamente DHA en relación a 0X. En general, el tratamiento con L3 mostró los valores más bajos de las actividades FDA y DHA. Las actividades enzimáticas específicas β -glucosidasa, fosfatasa y ureasa, mostraron incrementos significativos a dosis recomendada 1X en el suelo L1. La aplicación de las dosis 1X y 10X redujeron significativamente la actividad β -glucosidasa en relación a la dosis 0X en los tres niveles de manejo, a excepción de la dosis 1X en suelos L1. Captan tendió a disminuir la actividad de la fosfatasa en los suelos L2. Los valores más elevados de actividad fosfatasa se observaron en suelo L3 bajo dosis 0X. En general, la respuesta de la fosfatasa a las aplicaciones de captan fue inconsistente. La actividad de la ureasa dependió del manejo del suelo, siendo significativamente mayor en los suelos L1. Además, disminuyó **significativamente a dosis 10X** en los tres niveles de manejo edáfico.

Nuestros resultados indicaron que el impacto de captan en las actividades microbianas dependió tanto de la dosis del fungicida como del manejo del suelo. En general, la aplicación de dosis recomendada de captan desencadenó un efecto positivo sobre el metabolismo microbiano. Los incrementos en las actividades enzimáticas estarían relacionados con procesos de desintoxicación celular, principalmente, en suelos prístinos con alto contenido de MO y/o biomasa microbiana. Sin embargo, dosis elevadas pueden volverse altamente tóxicas, especialmente, para aquellos suelos con un menor contenido de MOS.

Palabras clave: actividad enzimática, captan, microorganismos.





INFLUENCE OF DIAZOTROPHIC BACTERIA ON ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON LEGUMINOUS PLANTS IN THE CERRADO

Barbosa, T.S.^{1*}, Santos, M.E.F², Dias, T.V.¹

^{1*}Faculdade Evangélica de Goianésia; ²Faculdade Evangélica de Goianésia;

¹Faculdade Evangélica de Goianésia;

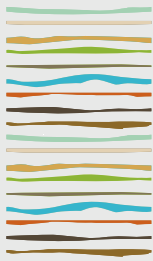
* Rua Brasília, n° 424 Bairro Parque Araguaia, thaysilvab11@gmail.com

ABSTRACT

Green fertilization is an agricultural practice that aims to protect the soil against erosion with the vegetation cover and subsequent incorporation of cultural remains to the soil in order to increase the organic matter and improve the nutritional conditions of the next crop. Organisms that promote growth and plant health may potentiate the productivity of cover crops. This work aimed to evaluate the influence of inoculation with nitrogen-fixing bacteria of the genus rhizobium on arbuscular mycorrhizal fungi in legumes in the Cerrado. The experiment was carried out in the experimental area of the Faculdade Evangelica de Goianésia. The experimental design was completely randomized with treatments arranged in 8x2 factorial scheme with five replicates. The first factor was composed of 8 leguminous species: calopogonium (*Calopogonium muconoides*), Crotalaria juncea, Crotalaria spectabilis, bean (*Canavalia ensiformis*), pigeon pea (*Cajanus cajan*), dwarf pigeon (*Cajanus cajan cv persimmon*), gray mucuna (*Mucuna nivea*) and black mucuna (*Mucuna pruriens*). The second factor was composed by the treatments: With Inoculation of *Rhizobium sp* and without inoculation. No chemical fertilization was performed. Guandu dwarf had the highest rate of mycorrhizal colonization and gray mucuna presented the lowest rate among the legumes analyzed. Pigeon bean and pigeon pea presented the highest values of spore density. The inoculation of diazotrophic bacteria does not influence mycorrhizal interactions in legumes

Keywords: diazotrophic bacteria, mycorrhizal fungi, leguminous plants.





EFFECTOS DE *B. SAFENSIS* S9 Y *BRADYRHIZOBIUM* EN PLÁNTULAS DE SOJA BAJO ESTRÉS SALINO

Barengo, P.B.^{1*}, L. Olivella¹, B. Trod¹, G. Céccoli¹, C. Bouzo¹, M. Espariz², L.D Daurelio¹

¹LIFiBVe, ICiAgro Litoral, UNL, CONICET, FCA.

²IPROBYQ, UNR, CONICET, FBIOyF.

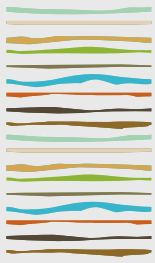
*Kreder 2805, Cp 3080, Esperanza, Provincia de Santa Fe, pamelabarengo22@gmail.com

RESUMEN

El estrés impuesto por el exceso de sales en los suelos es una restricción importante para el uso productivo de las tierras ya que reduce el crecimiento de las plantas al modificar rasgos morfológicos, anatómicos y fisiológicos. Las Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) son una alternativa para mitigarlo. En trabajos previos *Bacillus safensis* S9 (S9) evidenció actividad promotora de crecimiento en soja en condiciones normales. El objetivo fue evaluar el efecto de S9 sola o en combinación con *Bradyrhizobium japonicum* E109 sobre parámetros fisiológicos y de raíces en plántulas de soja y determinar su adaptación ante condiciones de salinidad. Semillas Tratadas, fueron inoculadas con una suspensión de S9 creciendo en medio de cultivo LB (Luria Bertani, DO=1, λ 600nm). Controles fueron inoculados con LB a igual dilución. Estos se dividieron en dos subgrupos, y se les aplicó la co-inoculación con bradyrizobio (S9B y CB) utilizando 1000µl/10ml. Las plántulas crecieron en invernadero (25-27°C temperatura media, en recipientes de 200ml con mezcla estéril de arena y perlita). De estos cuatro subgrupos, la mitad de las plántulas, se comenzaron a irrigar gradualmente hasta 75mM de NaCl desde V2 (tratamiento salino). A los 46 días después de siembra (dds), las plantas fueron cosechadas. Se analizaron el diámetro promedio (mm), y el largo total (cm) de las raíces mediante el Scanner de raíces y software WinRhizo®. Los pesos frescos y secos (g) de tallos y raíces fueron medidos con balanza de precisión y secados en estufa a 60°C hasta peso constante. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando Infostat®. Se observó que en ausencia de Bradyrizobio, las plantas respondían a la adición de sal, disminuyendo el PFR y PFA, PSR y el largo total (sin diferencias significativas entre S9 de C, aunque S975 en todos los casos fue menor); el diámetro promedio, los tratamientos con S9 y sal fueron mayores que el control. En presencia de Bradyrizobio, las plantas también respondían al agregado de sal disminuyendo el PFA (siendo menor en C75), el diámetro promedio aumentaba en adición de sal y en presencia de S9. Con el fin de observar desde el punto de vista global las interacciones entre tratamientos y aplicación de sal, se realizaron dos Análisis de Componentes Principales. El 99 y 80% de la variación original fue conservada por la CP1 y CP2, con valores de 1 y 0.928 de Coeficiente Correlación Cofenética, en ausencia y presencia de Brady. Se pudo observar que los tratamientos S9 agrupaba cercano a C, luego el de salinidad y más alejado la combinación S9 y salinidad. Con la aplicación de Brady este efecto se veía atenuado en cuanto a las distancias entre los tratamientos. En conclusión, la adición S9 a la semilla podría tener un efecto *priming* en la planta ante condiciones de alta salinidad, y el Brady actuaría en forma de buffer disminuyendo las diferencias en las variables medidas. Estos resultados son promisorios para realizar nuevos ensayos que permitan proponer a S9 como PGPB que mitiga el estrés por salinidad en soja.

Palabras clave: S9, Bradyrizobio, soja.





EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA SOBRE LA MICROBIOTA DEL SUELO DE CULTIVO DE HABAS (*VICIA FABA L.*)

Barrios, MB¹, M.C. Sandoval², M.S. Gilardino²; A.C. Sokolowski¹, S.P. Debelis¹, J. De Grazia¹, H.A. Rodríguez¹, J.E. Wolski¹, B.P. Prack Mc Cormick¹, A.D. Blasón³

¹Cátedra de Edafología y Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos,

²Cátedra Fitopatología, ³Cátedra de Agrometeorología,

^{1,2,3}Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora,

Av. Juan XXIII y Ruta Prov. N° 4. (1832) Lomas de Zamora, Prov. de Buenos Aires, monicabarrios4@yahoo.com.ar

RESUMEN

La microbiota del suelo es influenciada por el nivel y el tipo de materia orgánica, el pH, la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, el contenido de humedad, la aireación y la profundidad en el perfil del suelo, entre otros factores. En general, las prácticas agrícolas causan cambios en la estructura de la comunidad fúngica. A partir de estos antecedentes y considerando que en suelos cultivados los hongos contribuyen con más de 50% a la biomasa microbiana del suelo y actúan como indicadores de la salud del suelo, se realizó el presente trabajo con el objetivo de conocer el efecto de la fertilización química sobre la microbiota del suelo bajo cultivo de haba. Para ello se tomaron muestras de suelo, con y sin aplicación de fertilizante, al momento de la cosecha de un cultivo de haba. Las muestras fueron sembradas en placas con agar papa glucosado utilizando la técnica de diluciones seriadas. La siembra se realizó por triplicado. Luego de incubadas las placas, se procedió al recuento e identificación de los especímenes fúngicos desarrollados y se calcularon las frecuencias relativas de cada uno de los géneros identificados. Se detectaron cinco géneros fúngicos en muestras de suelo con fertilizante, cuatro de ellos patógenos de suelo con elevada frecuencia relativa de *Fusarium* y *Rhizoctonia*. En el testigo se detectaron seis géneros fúngicos, tres de ellos patógenos de suelo, dos descomponedores y un antagonista (*Trichoderma*). Se concluye que la fertilización química del suelo sobre un cultivo de haba se asocia en general a una mayor presencia de hongos patógenos de suelo, en especial a mayores frecuencias relativas de los géneros *Fusarium* y *Rhizoctonia*, y con baja presencia de hongos descomponedores.

Palabras clave: microbiota, fertilización, patógenos.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un espacio heterogéneo caracterizado por propiedades físicas, químicas y biológicas, que en sitios no disturbados "presenta una tendencia al equilibrio dinámico de sus atributos generando así las condiciones adecuadas para una diversidad de organismos transformadores y descomponedores de sustratos" (Reyes & Valery, 2007). Las bacterias y hongos influyen sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas a través de la regulación de la disponibilidad e intercambio de nutrientes (Sepúlveda-Chavera *et al.*, 2019).

La microbiota del suelo es influenciada por el nivel y el tipo de MO, el pH, la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, el contenido de humedad, la aireación y la profundidad en el perfil del suelo (Moreno *et al.*, 2013). Liu *et al.* (2022) mostraron evidencias consistentes acerca de una asociación positiva entre la riqueza de hongos descomponedores y la estabilidad de los ecosistemas en todo el mundo, un patrón opuesto para



la riqueza de hongos patógenos, y respaldo acerca del papel fundamental de la diversidad de hongos del suelo para asegurar una producción de plantas estable a lo largo del tiempo y para amortiguar los eventos climáticos extremos en los ecosistemas. Los autores citados indicaron, además, que los hongos del suelo muestran fuertes patrones de endemidad, que difieren por grupos funcionales y están impulsados por factores climáticos y edáficos. A esto se suma la acción antropogénica que afecta más fuertemente a las especies endémicas, esto es, taxones con rangos de distribución pequeños y nichos ecológicos estrechos (Brook *et al.*, 2008). En tal sentido, las prácticas agrícolas como el uso de fertilizantes y agroquímicos causan cambios en la estructura de la microbiota, como por ejemplo, la reducción de la biomasa fúngica debida a la fertilización nitrogenada en exceso (Moreno *et al.*, 2013).

Considerando que en suelos cultivados los hongos contribuyen en más de 50% a la biomasa microbiana del suelo y actúan como indicadores de la salud del suelo (Moreno *et al.*, 2013), se realizó el presente trabajo con el objetivo de conocer el efecto de la fertilización química sobre la microbiota del suelo bajo cultivo de haba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en parcelas ubicadas en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNLZ, sede Bosque). Ubicado en la Región de Pampa Ondulada, sobre un suelo moderadamente bien drenado, con escurrimiento medio, muy oscuro y profundo, de aptitud agrícola, no alcalina, no salina. Presenta una potente capa arable de más de 30 cm de espesor, sobre dos horizontes fuertemente texturales, con rasgos que manifiestan la presencia de arcillas expansibles. Dichos horizontes poseen contenidos de arcilla entre 48 y 55% lo cual estaría dificultando el drenaje, proceso que se manifiesta en la parte superior del endopedón con rasgos de hidromorfismo. Taxonómicamente se lo clasificó como Argiudol aquértico (Soil Survey Staff, 2014) (Sokolowski *et al.*, 2020). En la Tabla 1 se presentan los parámetros químicos del suelo al finalizar el ensayo.

Tabla 1. Parámetros químicos del suelo al finalizar el ensayo.

	pH	CE (mmhos cm ⁻¹)	COT (%)	Pext (g kg ⁻¹)
Testigo (T)	6,24	0,18	1,45	48,27
Fertilizado (F)	5,99	0,22	1,52	25,36

pH: potencial de hidrógeno; CE: conductividad eléctrica; COT: carbono orgánico total; Pext: fósforo extractable. Datos producidos por el Laboratorio de Suelos FCA UNLZ. Aún no publicados.

Para la preparación del suelo se realizó un laboreo con Motocultivador Rotovator Changchai autopropulsado con un ancho de labor de 90 cm, y a una profundidad de 15 cm, herramienta de uso común en las producciones horti-florícolas. El mismo se realizó el 26/05/2020, con un total de cuatro pasadas.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones y dos tratamientos: uno con fertilizante químico y otro sin fertilizar, de una superficie de 4 m² por parcela. El ensayo se desarrolló entre la última quincena mayo y diciembre de 2020. El cultivo de haba se sembró el 11/06/2020, se colocaron tres semillas por golpe y luego de la emergencia, se raleó dejando sólo una planta. Las parcelas se sembraron a 35 cm entre plantas y 50 cm entre surcos, alcanzando un total de 24 plantas por parcela. Por otro lado, en el tratamiento F se utilizó un fertilizante inorgánico (Yara Mila_Hydrocomplex) aplicado en surco al costado de la línea de plantas en dos momentos con posterioridad a la siembra de los cultivos (24/08/2020 y 30/09/2020). Cada aplicación fue de 220 g de fertilizante por parcela. En cuanto al mantenimiento, el desmalezado de las parcelas se realizó de forma manual, y en los pasillos y borduras hubo cortes de pasto periódicos con bordeadora.

Al momento de la cosecha se procedió a la toma de muestras de suelo, obteniéndose una muestra compuesta para cada unidad experimental. En el laboratorio de cada muestra se obtuvo una submuestra de 9 g de suelo con las que se prepararon diluciones sucesivas en suero fisiológico estéril. Un ml de la dilución 10⁻³ fue sembrada en placas de Petri con medio agar papa glucosado. Cada muestra, por separado, fue sembrada



por triplicado. Las placas se incubaron durante 8 días, en condiciones de luz natural y a temperatura ambiente. Luego de la incubación se procedió al recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo y a la identificación a nivel de género, de los especímenes desarrollados. Para esto se realizaron preparaciones en fresco en porta y cubre objetos y se utilizaron claves taxonómicas apropiadas. Con los datos obtenidos se calculó la frecuencia relativa (Fr) de cada género fúngico utilizando la siguiente fórmula:

$$FR = \frac{\text{N}^\circ \text{ de UFC de un determinado género}}{\text{N}^\circ \text{ total de UFC}} \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias en el número y tipo de géneros identificados entre el tratamiento con fertilizante (F) y el testigo (T) (Figura 1). En F cuatro de los cinco géneros identificados son considerados hongos patógenos del suelo (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Verticillium* y *Sclerotinia*). Estos hongos pueden causar marchitamientos y podredumbres en el cultivo de haba (Haddoudi *et al.*, 2021). Sólo uno de los géneros identificados (*Aspergillus*) es un hongo saprótrofo abundante en el suelo que interviene en el ciclo biogeoquímico del carbono, nitrógeno y azufre. El género *Aspergillus* incluye también especies promotoras de crecimiento y antagonistas de patógenos, entre otros efectos benéficos (Nayak *et al.*, 2020).

Mientras que en el testigo (T) se detectó presencia de tres hongos patógenos del suelo (*Pythium* –Oomycete-Pseudofungi-, *Rhizoctonia* y *Sclerotinia*), dos saprótrofos (*Penicillium* y *Mucor*) abundantes en suelo y un antagonista de hongos patógenos (*Trichoderma*). Por consiguiente, los géneros *Rhizoctonia* y *Sclerotinia* fueron detectados en los tratamientos F y T.

Por otra parte, los valores de frecuencia relativa (Figura 2) muestran que en F las mayores frecuencias (51 y 29%) correspondieron a patógenos del suelo. Mientras que en el T sólo una de las mayores frecuencias (53%) estuvo asociada a un patógeno de suelo y la segunda correspondió a un antagonista (14%). Considerando los valores de las frecuencias relativas de los géneros detectados en F, se observó una clara predominancia (dominancia) de *Fusarium* y *Rhizoctonia* en comparación con las bajas frecuencias de los restantes géneros. Esto contrastó con lo observado en T, donde si bien se observó predominancia (dominancia) de *Pythium* los valores de las frecuencias relativas de los restantes géneros fueron similares. Con respecto al mayor número de patógenos de suelo detectados en F, puede indicarse que esto constituye según Liu *et al.* (2022) una asociación negativa para la estabilidad del agroecosistema considerado.



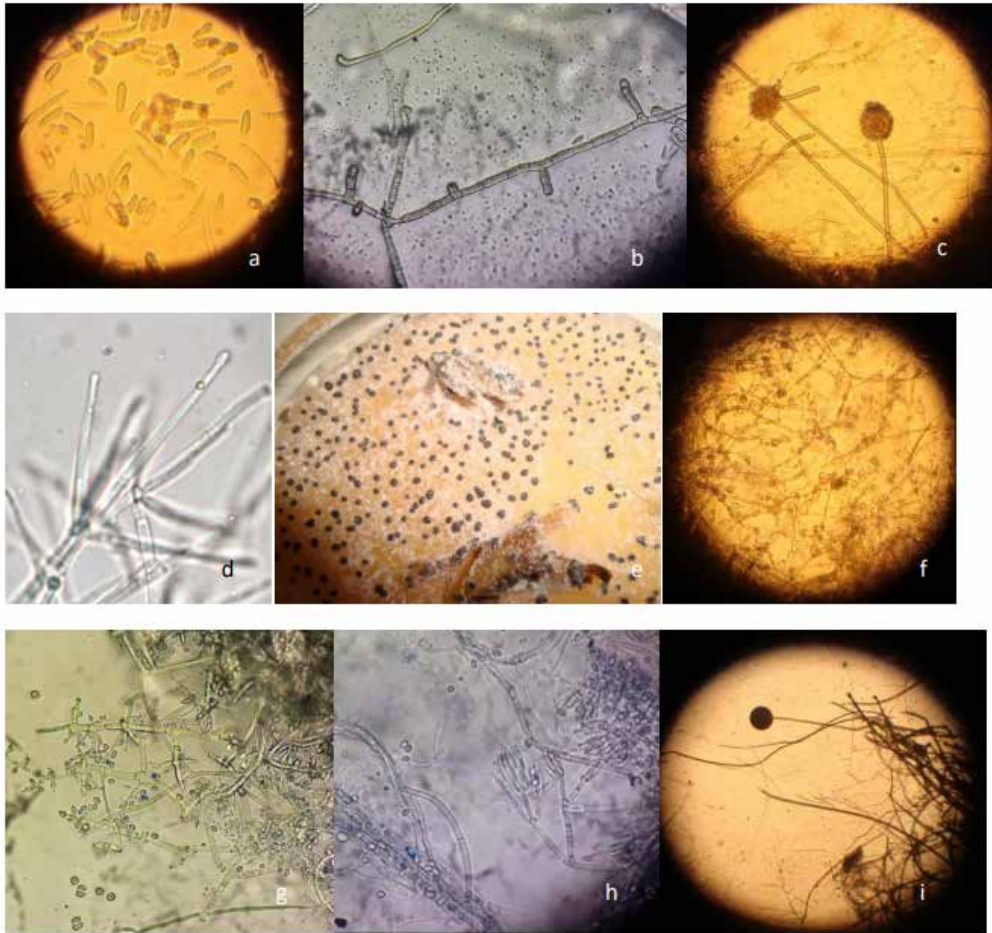


Figura 1. Géneros fúngicos detectados en suelo, de cultivo de haba, con aplicación de fertilizante químico (F) y en el testigo (T). En F: *Fusarium* (a), *Rhizoctonia* (b), *Aspergillus* (c), *Verticillium* (d) y *Sclerotinia* (e). En T: *Pythium* (f), *Trichoderma* (g), *Rhizoctonia* (b), *Penicillium* (h), *Mucor* (i) y *Sclerotinia* (e).

Por otra parte, si bien Moreno *et al.* (2013) señalan que *Trichoderma* es el género más abundante en suelos con fertilización química, los resultados observados en el presente trabajo muestran, por el contrario, mayor abundancia en T y nula presencia en F.

Los resultados mostrados en el presente trabajo indicarían que la fertilización química del suelo bajo cultivo de haba estuvo asociada a mayor presencia y abundancia de hongos patógenos del suelo y escasa presencia y abundancia de hongos descomponedores. La confirmación de estos resultados requiere de la realización de nuevos estudios.

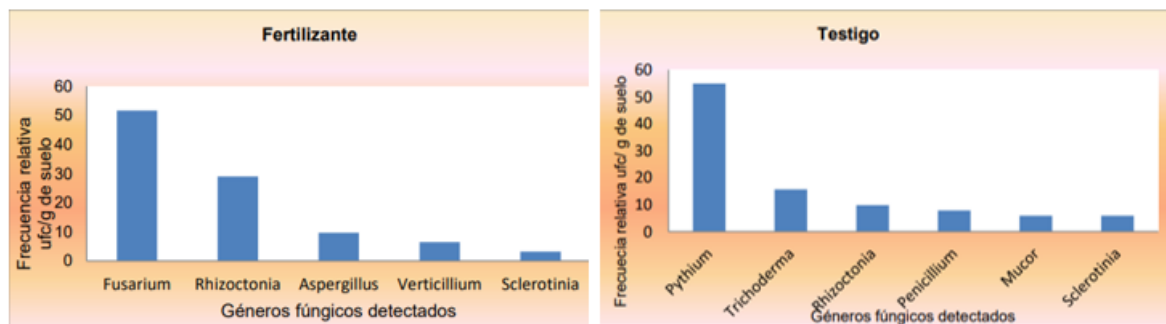


Figura 2. Frecuencias relativas de géneros fúngicos detectados en suelo con fertilización química y en el testigo.

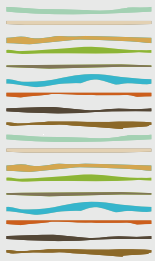
CONCLUSIONES

La fertilización química del suelo bajo cultivo de haba se asocia en general a mayor presencia de hongos patógenos del suelo, en especial con mayores frecuencias relativas de los géneros *Fusarium* y *Rhizoctonia* y a baja presencia de hongos descomponedores.

BIBLIOGRAFÍA

- Brook BW, NS Sodhi & CJ Bradshaw. 2008. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution* 23:453-460.
- Haddoudi I, H. Mhadhbi, M Gargouri, F Barhoumo, SB Romdhane & M Mrabet. 2020. Occurrence of fungal disease in fababeasn (*Vicia faba* L.) under salt and drought stress. *Eur J Plant Pathol* 159:385-398.
- Liu S, P García-Palacios, L Tedersoo, E Guirado, MGA van der Heijden, C Wagg, D Chen, Q Wang, J Wang, BK Singh & M Delgado-Baque-rizo. 2022. Phylotype diversity within soil fungal functional groups drives ecosystem stability. *Nature, Ecology & Evolution* 6:900-909. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01756-5>.
- Moreno MV, MV Bianchinotti, LB Silvestro, MB Vázquez, C Merlos & SA Steinglen. 2013. Diversidad de hongos en suelos agrícolas. En: Albanesi, A. (ed.) *Microbiología Agrícola: un aporte de la Investigación en Argentina*. 2da ed., Tucumán, Magna Publicaciones.
- Nayak S, S Samanta & AR Mukherjee. 2020. Beneficial role of *Aspergillus* sp in agricultural soils. In: Nayak S, Samanta S y Mukherjee AR. *Frontiers in Soil and Environmental Microbiology*, CRC Press: Florida.
- Reyes I & A Valery. 2007. Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento de maíz (*Zea mays* L.) con *Azotobacter spp*. *Bioagro*, 19, 3.
- Sepúlveda-Chavera G, J Carvalho-Ibáñez & O Martínez-Viveros. 2019. Efecto a corto plazo de la aplicación de compost sobre la diversidad de hongos de suelos en un olivar en el valle de Azapa, Chile. *Interciencia* 44(7): 284-399.
- Sokolowski AC, IR Paladino, HA Rodríguez, J De Grazia, MB Barrios, JE Wolski, MJ Navas, EP Rodríguez-Frers, AD Blasón, SP Debelis & BP Prack-Mc-Cormick. 2020. Avances en la caracterización edafoclimática de un sector de la Reserva Santa Catalina, Lomas de Zamora. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*. FCA. UNLZ. 7(2): 55-68.
- Soil Survey Staff, 2014. 2014. Claves para la taxonomía de suelos. 12.ª edición, USDA-Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Washington DC.





EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA SOBRE LA MICROBIOTA DEL SUELO EN UN CULTIVO DE REMOLACHA (BETA VULGARIS L.)

Barrios. M.B.¹, M.C. Sandoval², A. Mollá Kraj³, M.S. Gilardino², A.C. Sokolowski¹, S.P. Debelis¹, J. De Grazia¹, H.A. Rodríguez¹, B.P. Prack Mc Cormick¹, J.E. Wolski¹, I.R. Paladino¹, E.P. Rodríguez Frers¹

¹Cátedra de Edafología y Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos;

²Cátedra Fitopatología; ³Cátedra de Botánica Morfológica;

^{1,2,3}Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora;

*Av. Juan XXIII y Ruta Prov. N° 4. (1832) Lomas de Zamora. Prov. de Buenos Aires, monicabarrios4@yahoo.com.ar

RESUMEN

En los ecosistemas terrestres los hongos del suelo cumplen básicamente con tres roles ecológicos: la descomposición, simbiosis mutualista y parasitismo. La abundancia de hongos en sitios (hábitats) se mide habitualmente por índices de diversidad comunitaria. En tal sentido, los índices de Shannon-Wiener y Simpson se utilizan o son reportados como medidas de la diversidad alfa (diversidad promedio en sitios). Para la medición de la diversidad de la microbiota del suelo se utilizan técnicas tradicionales como el cultivo en condiciones de laboratorio y/o técnicas moleculares. En este contexto, se realizó el presente trabajo en Santa Catalina -Lomas de Zamora- provincia de Buenos Aires, con el objetivo de conocer la diversidad fúngica de un suelo bajo cultivo de remolacha con fertilización química, sobre un Argiudol acuérstico. Para lo cual se analizaron muestras de suelo con fertilización química y sin fertilización (testigo) a la cosecha del cultivo. Se extrajeron muestras de suelo que fueron sembradas en medio de cultivo utilizando la técnica de diluciones sucesivas. Luego de la incubación se procedió al recuento de unidades formadoras de colonias/g de suelo⁻¹ e identificación, a nivel de género, de los especímenes desarrollados. A partir de estos datos se calcularon las frecuencias relativas de cada género fúngico, los índices de Shannon-Weiner, Simpson, el J de Pielou y la serie de Hill. Se identificaron nueve géneros fúngicos en el suelo con fertilización, seis en el testigo y tres géneros compartidos: Pythium, Rhizopus y Aspergillus que poseen especies en su mayoría saprófitas. La diversidad fúngica estimada fue mayor en el suelo sin fertilizar, según los cuatro índices utilizados, ya que a pesar de poseer una menor riqueza específica su equitatividad fue considerablemente superior.

Palabras clave: diversidad, microbiota, fertilización química.

INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas terrestres los hongos del suelo cumplen básicamente con tres roles ecológicos: descomposición, simbiosis mutualista y parasitismo (Marín, 2018). A nivel mundial, se ha determinado que los principales factores edáficos que determinan la abundancia y riqueza de los hongos del suelo son el pH y los contenidos de fósforo y calcio. La abundancia de hongos en sitios, hábitats (o muestras) se mide habitualmente para la determinación de índices de diversidad (Hawksworth & Lücking, 2017; Tedersoo *et al.*, 2018). En tal sentido, los índices de Shannon-Wiener (H') y Simpson (1-D) se utilizan o son reportados como medidas de la diversidad alfa (diversidad promedio en sitios). Sin embargo, estos índices "corresponden más a una medida de estructura comunitaria, ya que su cálculo considera simultáneamente la abundancia y la riqueza de especies" (Marín, 2018). Los numerosos trabajos sobre diversidad fúngica incluyen información acerca de índices de riqueza, Shannon-Weiner y Simpson, entre otros.



El paso previo al cálculo de estos índices incluye el análisis de la comunidad fúngica, para lo cual se utilizan técnicas tradicionales (empleando medios de cultivo y observación directa) y técnicas moleculares (Moreno *et al.*, 2013). Ambas técnicas poseen limitaciones, las tradicionales enfrentan la imposibilidad de cultivo de algunos hongos biotróficos y la ausencia de estructuras fértiles. Mientras que, las limitaciones de las técnicas moleculares incluyen la falta de secuencias disponibles en las bases de datos y la correcta selección de cebadores entre otras (Lou y González-Oreja, 2012; Moreno *et al.*, 2013).

En este contexto se realizó el presente trabajo con el objetivo de conocer la diversidad fúngica de un suelo bajo cultivo de remolacha con fertilización química.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en parcelas ubicadas en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNLZ, sede Bosque). Ubicado en el sector de lomas aplanadas de la Región Pampa Ondulada, entre las cotas 18,4 y 19,45 msnm, dentro de una dorsal. El área del ensayo está ocupada por un suelo moderadamente bien drenado, con escurrimientos medios, muy oscuro y profundo, de aptitud agrícola, no alcalino, no salino, y relativamente pesado. Presenta una potente capa arable de más de 30 cm de espesor, sobre dos horizontes fuertemente texturales, con rasgos que manifiestan la presencia de arcillas expansibles. Dichos horizontes poseen contenidos de arcilla entre 48 y 55% lo cual estaría dificultando el drenaje, proceso que se manifiesta en la parte superior del endopedón con rasgos de hidromorfismo. Taxonómicamente se lo clasificó como Argiudol acuértico (Soil Survey Staff, 2014) (Sokolowski *et al.*, 2020). En la Tabla 1 se presentan los parámetros químicos del suelo al finalizar el ensayo.

Tabla 1. Parámetros químicos del suelo al finalizar el ensayo.

	pH	CE (mmhos cm ⁻¹)	COT (%)	Pext (g kg ⁻¹)
Testigo (T)	5,88	0,125	2,87	48,2
Fertilizado (F)	5,88	0,10	2,37	22,2

pH: potencial de hidrógeno; CE: conductividad eléctrica; COT: carbono orgánico total; Pext: fósforo extractable. Datos producidos por el Laboratorio de Suelos FCA UNLZ. Aún no publicados.

El presente trabajo está incluido en un ensayo de cultivos hortícolas en rotación con diseño completamente aleatorizado con un tamaño de parcela de 4 m² y tres repeticiones por tratamiento, uno con aplicación de fertilizante químico (F) y otro sin fertilizar (T). Se utilizó como fertilizante inorgánico (Yara Mila_Hydrocomplex). El fertilizante se aplicó en surco al costado de la línea de plantas con posterioridad a la siembra del cultivo. La dosis utilizada fue de 440 g por parcela dividida en dos aplicaciones. En cuanto al mantenimiento del ensayo, el desmalezado de las parcelas fue de forma manual, y en los pasillos y borduras hubo cortes de pasto periódicos con bordeadora.

Luego de la cosecha se procedió a la toma de muestras compuestas de suelo dentro de cada unidad experimental. Se recolectaron al azar en cada parcela a una profundidad de 0 a 10 cm en los dos tratamientos (suelo sin tratar y suelo con fertilizante químico). A partir de las muestras se obtuvieron submuestras de 9 g de suelo con las que se prepararon diluciones sucesivas en suero fisiológico estéril. Un ml de la dilución 10⁻³ fue sembrado en placas de Petri con medio agar papa glucosado. Cada muestra fue sembrada por triplicado. Las placas se incubaron durante 8 días, en condiciones de luz natural y a temperatura ambiente. Luego de la incubación se procedió al recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo y a la identificación a nivel de género, de los especímenes desarrollados. Para esto se realizaron preparaciones en fresco en porta y cubre objetos, y se utilizaron claves taxonómicas apropiadas para la caracterización y el diagnóstico morfológico. A continuación, se calculó la frecuencia relativa (Fr) de cada género fúngico utilizando la siguiente fórmula:

$$FR = \frac{N^{\circ} \text{ de UFC de un determinado género}}{N^{\circ} \text{ total de UFC}} \times 100$$



Posteriormente se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener, Simpson y sus derivados de la serie de Hill N1 y N2. A su vez, se cuantificó la equitatividad a través del índice J de Pielou y del correspondiente a la serie de Hill.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de géneros identificados en las muestras de suelo con fertilizante (F) y en el testigo fue igual a nueve y seis, respectivamente (Figura 1). Los géneros comunes en F y T incluyeron a *Pythium*, *Rhizopus* y *Aspergillus*. El género *Pythium* comprende especies que ocupan distintos nichos ecológicos, se comportan mayormente como saprótrofas en varios tipos de suelos y otras causan enfermedad en plantas (Palmucci, 2015). La mayoría de las especies de *Rhizopus* son también saprótrofas (descomponedoras) y otras son parásitas o patógenas de plantas y animales. Mientras que *Aspergillus* es un género de hongos ubicuos y cosmopolitas capaces de sobrevivir en condiciones adversas en el suelo (Giusiano *et al.*, 2017).

Los mayores valores de abundancia relativa correspondieron a *Pythium* en F y *Aspergillus* en T. La presencia de *Trichoderma* en T coincide, de manera parcial en función de la baja abundancia relativa registrada, con lo señalado para este antagonista por Moreno *et al.* (2013) como el género más abundante en suelos con fertilización química.

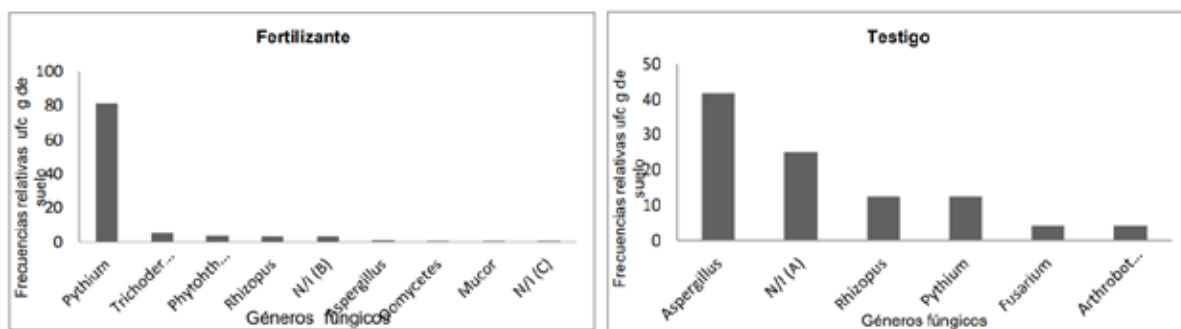


Figura 1. Géneros fúngicos detectados en suelo con fertilizante y en el testigo. Los géneros no identificados (N/I) fueron clasificados en tres categorías: NIA, NIB e NIC, según características culturales de las colonias.

Por otra parte, la presencia de géneros fúngicos que no pudieron ser identificados es una situación que se presenta de manera frecuente en la identificación taxonómica de hongos en cultivo *in vitro*, "dado que algunos hongos pueden permanecer morfológicamente indistinguibles en condiciones de laboratorio (Moreno *et al.*, 2013). En relación a los parámetros biológicos calculados, la riqueza fue mayor en F que en T, encontrándose 9 y 6 géneros, respectivamente. Sin embargo, cuando estos valores se contrastaron con la equitatividad, el grado de uniformidad de las abundancias relativas de los géneros (Tabla 2), pudo observarse que fue mayor en T. Esto se explica principalmente por el alto valor de abundancia relativa (80%) de *Pythium* en F en contraste con las frecuencias relativas más uniformes observadas en T. Esto es, la dominancia de este género de Oomycetes (Pseudofungi) implica un contraste muy marcado con las frecuencias relativas de los restantes géneros identificados. Por el contrario, la mayor frecuencia relativa en el testigo fue 40% para *Aspergillus*. En concordancia con lo anteriormente explicado y considerando los valores de diversidad (Tabla 2), se observa que la comunidad T es la más diversa según los cuatro índices calculados.

Tabla 2. Resultados de la estimación de parámetros diversidad de la microbiota fúngica presente en suelo con fertilización química y el testigo.

Parámetros	Fertilizante	Testigo
H (Shannon-Weiner)	0,83	1,02
S (Simpson)	0,67	0,27
N1	2,29	2,77
N2	1,50	3,69
Equitatividad (J)	0,38	0,57
Equitatividad (Hill)	0,60	1,34
Riqueza	9	6

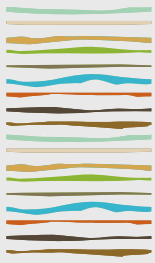
CONCLUSIONES

La diversidad de la microbiota del suelo con aplicación de fertilización química, bajo cultivo de remolacha fue menor en comparación con el suelo sin aplicación. El suelo fertilizado, a pesar de contar con una mayor riqueza, mostró una marcada dominancia del género *Phytium* y por ende una muy baja equitatividad. Esto último se refleja en una menor diversidad, ya que la misma conjuga tanto la riqueza como la equitatividad en un único valor. Por otra parte, los géneros comunes al suelo con fertilización química y el testigo incluyeron tres géneros de carácter mayormente saprófito: *Phytium*, *Rhizopus* y *Aspergillus*.

BIBLIOGRAFÍA

- Giusiano JE, E Piontelli, MS Fernández, ML Mangiaterra, ME Cattana, S Kocsubé & J Varga. 2017. Biodiversity of species of *Aspergillus* section *Fumigati* in semi-desert soils in Argentina. *Rev. Argent. Microbiol.* 49(3): 247-254.
- Hawksworth DL & Lücking R. 2017. Fungal diversity Revisited: 2,2 to 3.8 Million Species. *ASM Journals.* 5(4). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016>
- Lou J & JA González-Oreja. 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilleana* 56 (1-2): 3-14.
- Marín C. 2018. Conceptos fundamentales en ecología de hongos del suelo: una propuesta pedagógica y de divulgación. *Bol. Micol.* 33 (1): 32-56.
- Moreno MV, MV Bianchinotti, LB Silvestro, MB Vázquez, C Merlos & SA Steinglen. 2013. Diversidad de hongos en suelos agrícolas. En: Albanesi, A. (edi.) *Microbiología Agrícola: un aporte de la Investigación en Argentina*. 2da ed., Tucumán, Magna Publicaciones.
- Palmucci H. 2015. Caracterización de especies fitopatógenas de *Pythium* y *Phytophthora* (Peronosporomycetes) en cultivos ornamentales del cinturón verde La Plata-Buenos Aires y otras áreas y cultivos de interés. Tesis de doctorado Universidad Nacional de La Plata.
- Sokolowski AC, IR Paladino, HA Rodríguez, J De Grazia, MB Barrios, JE Wolski, MJ Navas, EP Rodríguez-Frers, AD Blasón, SP Debelis & BP Prack-Mc-Cormick. 2020. Avances en la caracterización edafoclimática de un sector de la Reserva Santa Catalina, Lomas de Zamora. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental.* FCA. UNLZ. 7 (2):55-68. ISSN 2451-7747.
- Soil Survey Staff, 2014. Claves para la taxonomía de suelos. 12.ª edición, USDA-Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Washington DC.
- Tederso L, Kõljalg U, Bahram M, Döring M, Schigel D, May T, *et al.* 2018. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fung. Div.* 90: 135–159. 10.1007/s13225-018-0401-0





RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL: EFECTOS SOBRE LA ACTIVIDAD Y DIVERSIDAD MICROBIANA EN LOS SUELOS

Bigatton E. D.^{1*}, I. Ayoub¹, R. Verdenelli², J. M. Meriles², R. Haro³, M. V. Archilla¹, C. Vázquez¹, L. E. Dubini¹, B. Lancioni¹, E. I. Lucini¹

¹Cátedra de Microbiología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC);

² Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-CONICET-UNC),

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (FCEFyN-UNC), Córdoba Argentina.

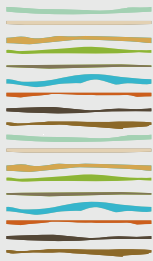
³ Estación Experimental INTA Manfredi, Córdoba. *ezequiel.bigatton@unc.edu.ar.

RESUMEN

La provincia de Córdoba, Argentina concentra más del 85% (360.000 ha) de la superficie sembrada con el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). La producción de maní necesita sostener la producción mediante la reducción del uso de insumos de síntesis. Una alternativa es la utilización de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR). Las PGPR se asocian a la rizósfera del cultivo y promueven su crecimiento mediante mecanismos directos (producción de fitohormonas, solubilización de nutrientes, etc.) e indirectos (antibióticos, enzimas, etc.). Comprender la dinámica y el funcionamiento de las PGPR en la rizósfera es fundamental para analizar efectos sobre el cultivo y los microorganismos edáficos. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos sobre la diversidad y actividad microbiana rizosférica del cultivo de maní inoculado con PGPR. El experimento fue llevado a cabo en el Campo Escuela de la FCA-UNC. Se evaluaron 3 cepas PGPR: *Bacillus* spp. (RI3 y SC6) y *Pseudomonas* spp. (P10) aisladas por la Cátedra de Microbiología Agrícola y un control. Se utilizó el cultivar de maní ASEM 400 INTA. Las semillas se inocularon con las PGPR previo a la siembra con una concentración aparente de 10^6 UFC.semilla⁻¹. Se realizaron dos muestreos de suelo rizosférico a 15 días (T0, emergencia) y a los 70 días (T1, R5 inicio del llenado de granos) posteriores a la siembra. La actividad enzimática se determinó mediante la técnica de hidrólisis del diacetato de fluoresceína (FDA) y la actividad deshidrogenasa (DHA). La determinación de biomasa (Bacterias Gram Positivas (BGP), Gram Negativas (BGN), Hongos, Actinomicetes y Micorrizas Vesículo-Arbusculares (MVA)) se realizó la determinación de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Se realizó un ANAVA y un test de comparación de medias LSD Fisher $\alpha \leq 0,05$. FDA en T0 se incrementó un 36% en relación al control, siendo RI3 la cepa que mayor actividad presentó (+42%). La cepa SC6 incrementó un 43,5% la DHA en relación al control y de 39,6% con la cepa P10. En T1 las PGPR incrementaron DHA en un 41.8% por encima del control, siendo la cepa RI3 y SC6 las que mayor actividad presentaron (+55.3, +58.6% respectivamente). La biomasa microbiana en T0 y T1 presentó variaciones significativas, BGP, BGN y Hongos son los grupos más afectados. Las BGP en T0 se incrementaron un 38.9% y 29.6% en RI3 y SC6. En cambio, en T1 las BGN con las cepas RI3 y SC6 disminuyeron un 17.1% y 12.2% respectivamente. Los hongos en T0 se incrementaron con las cepas de *Bacillus* (33,2%), pero disminuyeron en P10 (18,5%). La cepa P10 en T1 incrementó de forma significativa un 18.5% la cantidad de hongos presentes en el suelo rizosférico, mientras que las cepas de *Bacillus* no superaron el 1%. Estos resultados demuestran un incremento de la actividad y la biomasa microbiana del suelo posterior a la inoculación con las cepas PGPR. Cuando el cultivo se encuentra dentro del período de determinación del rendimiento (R5) fue posible observar que la actividad fisiológica de las PGPR se incrementó en respuesta a las necesidades del cultivo.

Palabras clave: Bacillus, Pseudomonas, maní.





CALIDAD DEL SUELO BAJO DIFERENTES MANEJOS EN EL CALDENAL I: BIOMASA MICROBIANA, ACTIVIDAD CELULASA Y CARBONO ORGÁNICO

Blanco, I.B. ¹, M.L. Ambrosino ^{1,2,*}, C.T. Lucero ¹, G.S. Lorda ¹, Y.A. Torres ^{3,4}, F. Ballesi ⁴, F.R., Blázquez ⁴, L.S. Ithurrart ⁴, L.V. Armando ⁴, R.D. Ernst ¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa (FCEyN-UNLPam); ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET);

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC);

⁴ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS);

* Ruta Nacional 35, km 334, (6300) Santa Rosa, Prov. de La Pampa, marielaambrosino@gmail.com

RESUMEN

En los pastizales naturales áridos y semiáridos del mundo, se ha producido un incremento de la densidad y cobertura de especies leñosas (arbustización). El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes prácticas de manejo empleadas para restituir la vegetación en áreas del Caldenal pampeano, sobre la calidad del suelo, mediante la determinación del carbono de la biomasa microbiana (C-BM), la actividad celulasa (AC) y el carbono orgánico total (COT). Se seleccionaron dos fisonomías de bosque: la primera (Fisonomía 1), había sido sometida a una quema y posterior raleo mecánico (QRmec) en 2017; y la segunda (Fisonomía 2), solo a Raleo mecánico (Rmec) en 2019. Además, se establecieron controles sin intervenir (C-QRmec y C-Rmec, respectivamente). En mayo de 2022, se muestreó suelo (0-15 cm) en parches de árboles y arbustos (AA), solo arbustos (A) y vegetación gramínea herbácea (G), establecidos al azar en cada situación. Los datos se analizaron con ANOVA y LSD de Fisher al 5%. En la Fisonomía 1, los parches AA se vieron afectados por el manejo y dentro del control presentaron los valores más altos de C-BM. En QRmec se detectaron mayores valores de AC y COT que en C-QRmec, mientras que, independientemente del manejo, los parches AA presentaron los valores más altos de estos parámetros. En la Fisonomía 2, los parches AA y A presentaron mayores porcentajes de COT que G. Respecto de la relación C-BM:COT, en QRmec los parches A y G mostraron mayores porcentajes que AA y, en la Fisonomía 2, los parches G presentaron mayores valores que AA. Esos resultados demuestran que el estrato arbóreo tendría mayor incidencia sobre las características microbiológicas estudiadas. Además, intervenciones severas, que involucran la aplicación conjunta de manejos, tendrían un efecto prolongado en el tiempo sobre los componentes bióticos y orgánicos del suelo.

Palabras clave: arbustización, control mecánico, quema.

INTRODUCCION

En los últimos años, se han manifestado importantes cambios en la estructura y composición de los pastizales naturales debido a los disturbios que los afectan; entre ellos, la herbivoría y los incendios (Distel, 2016). Una de las consecuencias más notorias fue la arbustización, proceso que consiste en el aumento de densidad y cobertura de especies de crecimiento arbustivo, o semi-arbustivo en ambientes dominados por herbáceas (Van Auken, 2009).

En La Pampa, los pastizales naturales presentes en los bosques de *Neltuma caldenia* (Burkart) C.E. Hughes & G.P. Lewis (Caldén), no son ajenos al proceso de arbustización. En el marco de la Ley Nacional N° 26.331 y la Ley Provincial N° 2.624, se están realizando diferentes manejos que han mostrado ser efectivos en restituir la



vegetación, abrir el sistema, y disminuir incendios. Algunos de ellos, implican la realización de quemas prescriptas y/o controles mecánicos mediante el pasaje de máquinas autopropulsadas equipadas con equipos de corte (trituradora forestal) (Estelrich et al., 2005; Nghikembua et al., 2021).

La calidad del suelo se define como la capacidad para mantener su productividad biológica, promoviendo además la salud de las plantas, animales y del propio ser humano (Doran y Parkin, 1994). Los microorganismos juegan un rol central en el funcionamiento del suelo y su acción se ve influenciada tanto por sus propiedades físicas como químicas (Barrios, 2007). La biomasa microbiana actúa como fuente y sumidero de la fracción más lábil de los principales nutrientes (C, N, P y S) (Miltner et al., 2011). Por otra parte, las enzimas celulasas, son sintetizadas por muchos microorganismos durante su crecimiento en materiales celulósicos (Szijártó et al., 2004) y su determinación indica el potencial del suelo para descomponer la materia orgánica que ingresa (Szijártó et al., 2004).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las historias previas de manejo, y el proceso de sucesión secundaria posterior, sobre la calidad del suelo en áreas del Caldenal pampeano, mediante la determinación del carbono de la biomasa microbiana (C-BM), la actividad celulasa (AC) y el carbono orgánico total (COT).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Provincial Parque Luro (36°54'49"S; 64°15'41"O), localizada en el valle Chapalcó de la provincia de La Pampa. La misma posee 7.608 ha, y se encuentra en la Provincia Fitogeográfica del Espinal, Distrito del Caldén (Caldenal; Cabrera, 1976). Se seleccionaron dos fisonomías de bosque, con diferentes historias de manejo. La primera de ellas (Fisonomía 1), ubicada en el sector sur de la reserva, había sido sometida a una quema controlada y posterior raleo mecánico, en septiembre de 2017. El área estaba compuesta por un bosque muy abierto de *N. caldenia* y arbustal cerrado en el cual dominaban especies de *Schinus molle* L., y renuevos de caldén, junto a sectores de pastizal, dominados por *Poa ligularis* Nees ex Steud., *Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth, *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack. y *Nassella longiglumis* (Phil.) Barkworth. La quema actuó principalmente sobre el estrato gramíneo herbáceo, y el raleo mecánico con una trituradora forestal, sobre el sector de alta prevalencia de renuevos de caldén (aproximadamente 3,5 ha). El pasaje de la maquinaria dejó en pie individuos arbóreos con un diámetro de tronco a la altura del pecho (DAP) superior a 10 cm y, en algunas áreas, se removieron los primeros 10-15 cm del suelo. La Fisonomía 2 seleccionada, se encuentra localizada al noroeste de la reserva, y estaba compuesta por un bosque abierto a denso con arbustal cerrado. En julio de 2019, se había realizado un raleo mecánico con trituradora forestal, dentro de un área que presentaba signos de un antiguo incendio en 1988. La misma se encontraba constituida por un estrato arbóreo de *N. caldenia* y *Schinus fasciculata* (Griseb.) I.M. Johnston y, en menor proporción, *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart y *Jodina rhombifolia* (Hook. & Arn.) Reissek. El estrato arbustivo presentaba >65% de cobertura, altura de >1,5 m, dominado por especies como *G. decorticans*, *Lycium chilense* Miers ex Bertero, *Lycium gilliesianum* Miers, y renuevos de *N. caldenia* y *S. fasciculata*. El estrato herbáceo, con un 15% de cobertura, estaba compuesto por especies anuales como *Bromus catharticus* Vahl, y gramíneas perennes de bajo valor forrajero, como *Amelichloa brachychaeta* (Godr.) Arriaga & Barkworth. La maquinaria utilizada fue la misma que en 2017, y se trabajó de manera selectiva, dejando bosquetes o isletas e individuos de gran porte (DAP superior a 10 cm); se priorizó la reducción de cobertura del estrato arbustivo, conformado por *S. fasciculata*, *C. microphylla* y renuevos de *N. caldenia*. Se observaron zonas de suelo removido y, en su mayoría, cubierto de astillas y restos vegetales triturados.

Para la realización de este estudio, se estableció un diseño experimental completamente aleatorizado con réplicas balanceadas (n=5). Dentro de cada fisonomía de bosque, se dispuso de un área de 1 ha que previamente fue sometida a Quema/Raleo Mecánico (QRmec) o solo Raleo mecánico (Rmec), y 1 ha sin intervenir (C-QRmec y C-Rmec, respectivamente). Seguidamente, se seleccionaron al azar parches con distinto tipo de vegetación dominante: Árboles y arbustos (AA), solo arbustos (A) y vegetación gramínea-herbácea (G) (Fig. 1).



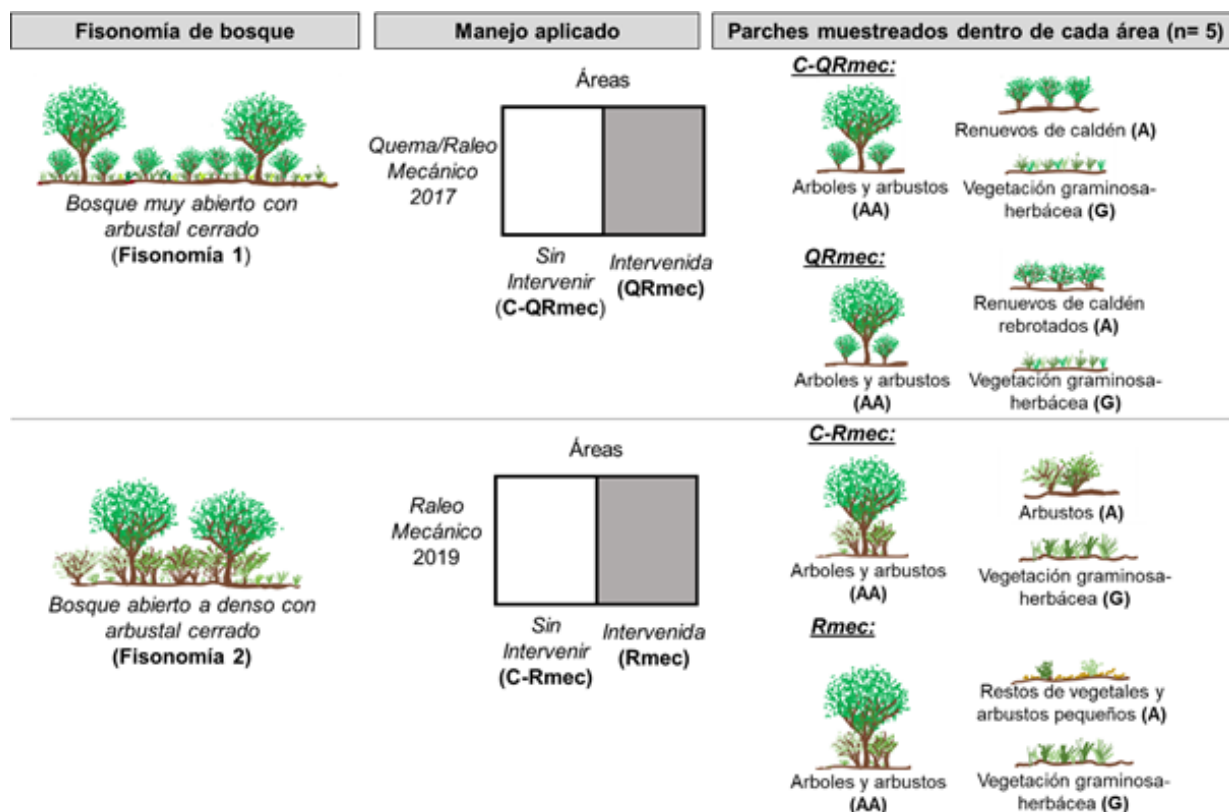


Figura 1. Detalle de cada una de las dos fisonomías de bosque consideradas, manejos aplicados y evaluados en el estudio.

En mayo de 2022, se tomaron muestras compuestas de suelo de 0-15 cm en cada parche, y se transportaron refrigeradas al laboratorio. Posteriormente, se tamizaron por 2 mm y cada muestra fue separada en sub-muestras, de las cuales algunas se mantuvieron a 4°C para realizar las determinaciones microbiológicas o se secaron al aire para determinar el carbono orgánico total (COT).

La biomasa microbiana (BM), se determinó mediante el método de respiración inducida por sustrato (Anderson y Domsch, 1978) y se utilizó el factor de conversión propuesto por Beck et al. (1995) para el cálculo del carbono de la BM (C-BM). La actividad celulasa se cuantificó mediante la determinación de los azúcares reductores, que resultan luego de incubar las muestras con carboximetilcelulosa (CMC), por 24 h a 50 °C (Schinner y Von Mersi, 1990). El COT se determinó según el método de pérdida de peso por ignición (Davies, 1974). Finalmente, se determinó el cociente microbiano mediante la relación C-BM:COT (Anderson, 2003).

Los datos fueron analizados utilizando software INFostat (Di Rienzo et al., 2018). Dentro de cada fisonomía, las variables fueron analizadas mediante un ANOVA doble, utilizando como factores Manejo (Sin intervenir e Intervenida) y Parche (AA, A y G). Previo al análisis, los datos correspondientes a C-BM de la Fisonomía 1 y C-BM:COT de la Fisonomía 2, fueron transformados con $\ln(x)$, a fin de cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Sokal & Rohlf, 1984). La comparación de medias se realizó mediante el test de LSD de Fisher, con un nivel de significación del 0,05. Todos los valores reportados corresponden a los datos sin transformar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la variable C-BM en la Fisonomía 1, el análisis de ANOVA detectó interacción altamente significativa Manejo*Parche ($p \leq 0,001$). Sólo parches AA se vieron afectados por la intervención realizada, y dentro de las áreas C-QRmec, presentaron los valores más altos de C-BM (Tabla 1). En la Fisonomía 2, no se detectó efecto del manejo ni de los parches sobre los valores C-BM (Tabla 1). Sumado a la severidad del manejo, se ha demostrado que los suelos que se encuentran bajo *N. caldenia* presentan menores tasas de infiltración y mayor hidrofobicidad que las áreas fuera de la influencia arbórea, lo que determina condiciones menos favorables

para la transformación de la materia orgánica (Hepper et al., 2013). Estos efectos combinados podrían haber ejercido una mayor presión de selección sobre los microorganismos del suelo, disminuyendo los valores de C-BM en los parches AA de las áreas QRmec.

Tabla 1. Valores de carbono de la biomasa microbiana (C-BM; $\mu\text{g C g}^{-1}$ de suelo), actividad celulasa (AC; $\mu\text{g de glucosa g}^{-1}$ de suelo h^{-1}), carbono orgánico total (COT; %) y cociente microbiano (C-BM:COT; %) de cada fisonomía de bosque. Manejos: Control Quema/Raleo mecánico (C-QRmec), Quema/Raleo mecánico (QRmec), Control Raleo mecánico (C-Rmec) y Raleo mecánico (Rmec).

Fisonomía de bosque	Manejo	Parche	C-BM	AC	COT	C-BM:COT
Fisonomía 1	C-QRmec	AA	1060,79 \pm 60,45 b,b	30,61 \pm 3,96 b,a	3,39 \pm 0,12 b,a	3,15 \pm 0,21 a,b
		A	794,85 \pm 33,11 a,a	13,64 \pm 0,40 a,a	2,42 \pm 0,19 a,a	3,34 \pm 0,23 a,a
		G	771,11 \pm 56,56 a,a	16,81 \pm 2,43 a,a	2,59 \pm 0,23 a,a	3,04 \pm 0,28 a,a
	QRmec	AA	832,52 \pm 44,91 a,a	34,73 \pm 1,90 b,b	4,19 \pm 0,12 b,b	1,99 \pm 0,12 a,a
		A	848,41 \pm 31,89 a,a	22,17 \pm 3,54 a,b	2,98 \pm 0,25 a,b	2,93 \pm 0,29 b,a
		G	894,61 \pm 35,28 a,a	21,09 \pm 3,53 a,b	2,81 \pm 0,20 a,b	3,27 \pm 0,32 b,a
Fisonomía 2	C-Rmec	AA	795,78 \pm 16,20 a,a	18,13 \pm 1,74 a,a	3,08 \pm 0,21 b,a	2,62 \pm 0,17 a,a
		A	718,97 \pm 48,56 a,a	18,14 \pm 3,25 a,a	2,61 \pm 0,14 b,a	2,78 \pm 0,22 ab, a
	Rmec	G	694,89 \pm 26,06 a,a	18,54 \pm 1,36 a,a	2,28 \pm 0,05 a,a	3,06 \pm 0,16 b,a
		AA	773,84 \pm 68,95 a,a	22,44 \pm 2,33 a,a	3,05 \pm 0,21 b,a	2,64 \pm 0,19 a,a
		A	810,88 \pm 40,27 a,a	23,57 \pm 4,12 a,a	2,83 \pm 0,35 b,a	3,09 \pm 0,51 ab,a
		G	751,76 \pm 41,70 a,a	18,71 \pm 2,45 a,a	2,10 \pm 0,08 a,a	3,61 \pm 0,27 b,a

Cada dato representa el promedio \pm 1 EE de n=5. Letras distintas delante y detrás de la coma indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre parches dentro de cada manejo y entre manejos dentro de cada parche, respectivamente.

La AC en áreas QRmec de la Fisonomía 1, fue mayor que en C-QRmec e, independientemente del manejo, los parches AA presentaron mayores valores que A y G (Tabla 1). Para la Fisonomía 2, no se detectó efecto de ninguno de los factores considerados sobre la AC del suelo (Tabla 1). Las enzimas celulasas actúan sobre la celulosa (presente en la materia orgánica) descomponiéndola en compuestos más simples (Meetei et al., 2020). Un alto aporte de residuos y mayores contenidos de COT en las áreas QRmec y parches AA podrían explicar los mayores valores de AC registrados en el suelo de esos sitios.

Las áreas QRmec de la Fisonomía 1 presentaron mayores valores de COT que las áreas control e, independientemente del manejo, los mayores contenidos de esta variable se registraron en el suelo de los parches AA (Tabla 1). En la Fisonomía 2, no se detectó efecto del tratamiento mecánico, y los parches AA y A presentaron mayores valores de COT que G. El comportamiento diferencial registrado en las dos fisonomías de bosque, podría deberse a que cada una de ellas presenta distintas especies vegetales en el estrato arbustivo y herbáceo; esto determina un aporte diferencial de broza en cuanto a cantidad y calidad (Carrera y Bertiller, 2013). Además, la realización de una quema prescrita y posteriormente un raleo mecánico con trituradora forestal que incorporó restos vegetales quemados y triturados en los primeros 10-15 cm tendrían un efecto prolongado sobre el COT del suelo.



En relación al cociente microbiano, en la Fisonomía 1, el análisis de los datos detectó interacción significativa Manejo*Parche ($p \leq 0,05$). Sólo parches AA se vieron afectados por el manejo y, dentro de las áreas QRmec los parches A y G presentaron mayores valores que AA (Tabla 1). Independientemente del manejo, los parches G de la Fisonomía 2 presentaron mayores porcentajes que AA, mientras que los parches A presentaron valores intermedios al resto (Tabla 1). El cociente microbiano es un indicador de la disponibilidad de carbono para los microorganismos e indica el desarrollo de C-BM por unidad de COT (Anderson, 2003). La presencia de compuestos secundarios en la broza (Carrera et al., 2009) y de materia orgánica recalcitrante en los sitios de AA podría ralentizar la liberación de nutrientes al suelo y disminuir la eficiencia en la conversión del carbono a biomasa microbiana.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo son preliminares, debido a que el procesamiento de los datos aún continúa, como así también, restan realizar otros estudios y muestreos a campo. Sin embargo, es de destacar que la biomasa y actividad celulosa de las comunidades microbianas presentes en los parches estudiados es diferente, estableciendo en cada fisonomía de bosque, una dinámica propia y particular de las comunidades microbianas. En estos ambientes, la presencia de estrato arbóreo tendría un efecto mayor que los demás estratos sobre las propiedades microbiológicas estudiadas. Intervenciones severas, que involucren la aplicación conjunta de manejos, tendrían un efecto a mediano y largo plazo sobre los componentes bióticos y orgánicos del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Res015-2021-PICT2019), Universidad Nacional del Sur (PGI 24/A245; PGI 24/ZA20) y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa (Resolución 33/18 CD) por el financiamiento necesario para la realización de este estudio. Los autores agradecen, además, a la Subsecretaría de Ambiente del Gobierno de La Pampa y al Intendente de la Reserva Provincial Parque Luro Flavio Herbsommer por la ayuda y asesoramiento brindado en las tareas de campo.

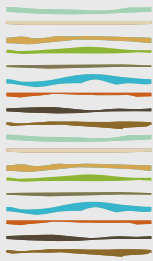
BIBLIOGRAFIA

- Anderson, JPE & KH Domsch. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol Biochem* 10:215-221.
- Anderson, TH. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agric Ecosyst Environ* 98:285-293.
- Barrios, E. 2007. Soil Biota, Ecosystem Services and Land Productivity. *Ecol Econ* 64:269-285.
- Beck, T; R Öhlinger & A Baumgarten. 1995. Substrateinduced respiration. pp. 64-68. En: Schinner, F; R. Öhlinger; E. Kandeler & R. Margesin (eds.). *Methods in Soil Biology*. Springer Verlag, Berlin, FRG.
- Cabrera, AL. 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. En: *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Ferreira Sobral, EF (ed.). ACME, Buenos Aires, Argentina, p.1-85.
- Carrera, AL & MB Bertiller. 2013. Combined effects of leaf litter and soil microsite on decomposition process in arid rangelands. *J Environ Manage* 114:505-511
- Carrera, AL; MJ Mazzarino; MB Bertiller; HF del Valle & EM Carretero. 2009. Plant impacts on nitrogen and carbon cycling in the Monte Phytogeographical Province, Argentina. *J Arid Environ* 73:192-201.
- Davies, BE. 1974. Loss on ignition as an estimate of soil organic matter. *Soil Sci Soc Am J* 38:150-151.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2018. *INFOSTAT Grupo INFOSTAT*, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Distel, RA. 2016. Grazing ecology and the conservation of the caldenal rangelands, Argentina. *J Arid Environ* 134:49-55.
- Doran, JW & TB Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. En: Doran, JW; DC Coleman; DF Bezdicek & BA Stewart (Eds.), *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America, Special Publication N°35, Madison, pp. 3-23.
- Estelrich, HD; B Fernández; E Morici & CC Chirino. 2005. Persistencia de los cambios provocados por los fuegos controlados en difer-



- entes estructuras del bosque de caldén (*Prosopis caldenia* burk.). UNLPam, Rev Fac Agron 16:25-30.
- Hepper, EN; Larroulet, MS; Belmonte, V & AM Urioste. 2013. Propiedades edáficas de un suelo del caldenal pampeano en parques con diferente vegetación. UNLPam, Rev Fac Agron 23: 5-15.
- Meetei, TT; YB Devi & K Jackson. 2020. Effect of various enzymes on mineralization of soil organic matter. *Plant Arch* 20(2):3392-3395.
- Miltner, A; P Bombach; B Schmidt-Brücken & M Kästner. 2011. SOM genesis: microbial biomass as a significant source. *Biogeochemistry* 22:139–143.
- Nghikembua, MT; LL Marker; B Brewer; A Leinonen; L Mehtätalo; M Appiah & A Pappinen. 2021. Restoration thinning reduces bush encroachment on freehold farmlands in north-central Namibia. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 94:551–564.
- Schinner F & W Von Mersi. 1990. Xylanase, CM celiulase and invertase activity in soil: an Improved method. *Soil Biol Biochem* 22:511-515.
- Sokal, RR & FJ Rohlf. 1984. *Introducción a la Bioestadística*. Reverté S.A., Barcelona, España.
- Szjártó, N; Z Faigl; K Réczey; M Mézes & A Bersényi. 2004. Cellulase fermentation on a novel substrate (waste cardboard) and subsequent utilization of home-produced cellulase and commercial amylase in a rabbit feeding trial. *Ind Crops Prod* 20(1):49–57.
- Van Auken, OW. 2009. Causes and consequences of woody plant encroachment into western North American grasslands. *J. Environ Manage* 90:2931-2942.





EXPERIENCIA CON CULTIVOS DE COBERTURA EN UN SUELO FRANCO ARENOSO DEL SUDOESTE DE CÓRDOBA, ARGENTINA

Boccolini, M.F.^{1*}, M. Salustio¹, M. Toledo¹, J. Ossana²

¹ Agencia de Extensión Rural INTA Río Cuarto;

*Mitre 656 (5800) Río Cuarto, Prov. de Córdoba, boccolini.monica@inta.gob.ar;

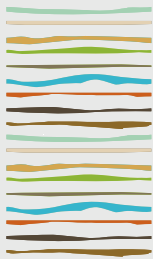
² Establecimiento Agrícola Tres Acequias

RESUMEN

El aumento del riesgo en los sistemas productivos agropecuarios por inadecuada y escasa gestión del agua, conjuntamente con la erosión eólica, son problemáticas priorizadas y abordadas por la AER Río Cuarto. La incorporación de cultivos de cobertura (CC) como gramíneas y leguminosas en una rotación potencia los múltiples beneficios que estos brindan al suelo y sistemas de producción. El objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de CC en una rotación agrícola bajo riego, sobre el contenido de agua, propiedades biológicas del suelo y rendimiento de Maíz tardío. El suelo es complejo de textura franco arenosa, Haplustol típico y con zonas de Argiudol típico. El estudio inició en 2020/2021, con la siembra de diferentes CC en una rotación Maíz temprano-CC-Maíz tardío ubicada en un campo de zona rural de la ciudad de Río Cuarto, en la localidad de Tres Acequias. Los tratamientos fueron: Centeno C, Vicia villosa VV, Vicia villosa + Centeno VV+C y un Barbecho B. La experiencia contó con 2 repeticiones de campo y se aplicó un análisis descriptivo de los datos. Se determinó el contenido hídrico de suelo a la siembra y final de ciclo de las coberturas mediante extracción con barreno de 2,5 cm hasta los 120 cm de profundidad. Para la producción de materia seca (MS) se realizaron cuatro muestreos de biomasa aérea vegetal y en el último, se determinó el contenido de N en planta mediante Kjeldahl. La recolección del material vegetal fue con aro de 52 cm. Se determinaron biomasa de raíces hasta los 10 cm extraídas con barreno de 4,5 cm; número de lombrices mediante monolito y respiración microbiana mediante liberación de CO₂ por extracción de los primeros 10 cm de suelo con barreno de 3,5 cm. La cosecha de Maíz tardío fue mediante recolección de espigas en 3.14 m² y se estimaron componentes de rendimiento. En C se observó más producción de MS y menor consumo de agua en el perfil con respecto a la mezcla y VV, las que a su vez, aportaron más N en sus rastrojos. A la siembra de Maíz, en las parcelas que tenían C y mezcla se contabilizaron más lombrices y biomasa de raíces con respecto a las de VV. Esta situación se revierte a la cosecha de Maíz, donde los tratamientos con VV y la mezcla tienen más lombrices y actividad microbiana que B y C. Lo mismo ocurrió con los valores de rendimiento, los que fueron más altos luego la leguminosa y mezcla. Bajo las condiciones de estudio, el Centeno fue eficiente en la producción de biomasa y gestión del agua, mientras que la Vicia villosa y mezcla representaron una fuente de materia orgánica rica en N para la población de lombrices y actividad de los microbios del suelo. Así, los cultivos de cobertura pueden estimular la biota del suelo a través del aporte de biomasa y posterior descomposición de los residuos de alta calidad favoreciendo una producción sustentable.

Palabras clave: haplustol típico, maíz tardío, propiedades biológicas.





DETERMINACIÓN DE NAN: SENSIBILIDAD EN DIFERENTES USOS DE UN HAPLUDOL TÍPICO DEL SUR DE CÓRDOBA

Bruno, C.¹, M.L. Mattalia^{1*}, M.D. Bongiovanni^{1*}, R. Marzari R.¹, C. Cholaky¹

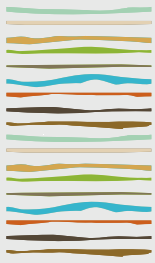
¹ Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto; Ruta Nac. 36, Km. 601- X5804BYA Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina. lmattalia@ayv.unrc.edu.ar.

RESUMEN

Ante los crecientes procesos de degradación de los suelos producidos por la intensificación de la agricultura, resulta importante desarrollar herramientas de monitoreo de la calidad de los mismos en un marco de sustentabilidad de los sistemas productivos, para ello se deben contemplar las acciones necesarias para que el suelo pueda mantener y/o mejorar su condición y, con ello, la capacidad de mantener los servicios ecosistémicos con los que está vinculado. Su importancia radica en que es el aporte de nitrógeno (N) por mineralización una de las principales fuentes de nutrición para los cultivos y son cuantiosas las pérdidas de este elemento causadas por el mal manejo al que han sido sometidos los suelos. Por ello, es necesario encontrar indicadores sensibles a los cambios que los sistemas de producción generan sobre los atributos del suelo. Varios autores afirman que indicadores tales como el nitrógeno potencialmente mineralizable por incubación anaeróbica (Nan), se destacan por su mayor sensibilidad, frente a otros indicadores, para detectar cambios ante los diferentes efectos del uso y manejo del suelo, siendo además un indicador relativamente simple y con corto periodo de incubación de las muestras. El objetivo de este trabajo fue determinar el Nan en un sitio natural sin intervención antrópica con respecto a dos manejos de rotación para un suelo Hapludol típico, utilizando el Nan como indicador edáfico y evaluar el efecto de diferentes secuencias de cultivo sobre este indicador, para conocer el nivel de deterioro del suelo como respuesta a la agriculturización. Se realizó la determinación del contenido de N-NH_4^+ durante 7 días a 40 °C producido en incubación anaeróbica (Nan) y nitrógeno total (Nt) de muestras de suelo (0-10 cm), tomadas de un suelo Hapludol típico de Río Cuarto secuencias soja-maíz (RA) y soja-pastura-maíz (RAG). Los resultados obtenidos mostraron que el suelo de la situación natural presentó mayores valores de Nan (47 mg N kg⁻¹), duplicando los valores correspondientes a RA y RAG (21 y 23 mg N kg⁻¹ respectivamente) y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos RA y RAG aunque se evidenció una tendencia a que el Nan de RAG fuese mayor al Nan de RA ($p < 0,0001$ y $R^2: 0,96$). Numerosos trabajos indican que el contenido de Nt presenta estrecha relación con el Nan, esto se condice con los resultados ya que los valores Nt presentaron la misma variación, obteniendo para la situación natural (0,2 mg N kg⁻¹) el doble que para las rotaciones (0,1 mg N kg⁻¹). Además se encontraron diferencias entre los bloques del muestreo, situación observada también por otros autores, quienes la atribuyen a la alta variabilidad de Nan intra-lote. Se puede concluir que en este caso el Nan fue sensible a los cambios según el uso del suelo.

Palabras clave: nitrógeno, anaerobiosis, Nan.





EFECTO DE ARBUSTOS NODRIZA SOBRE BACTERIAS EDÁFICAS EN UN GRADIENTE DE ELEVACIÓN ALPINO TROPICAL

Cáceres-Mago, K.^{1,2,*}, A. Cáceres², L.D. Llambí³, N. Malaver⁴, M. P. Rodríguez⁴

¹ Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, CONICET, UNC, Córdoba, Argentina,

*CC 495, CP 5000, kcaceresmago@gmail.com;

² Instituto de Biología Experimental, UCV, Caracas, Venezuela;

³ Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, ULA, Mérida, Venezuela;

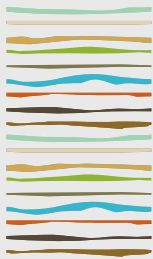
⁴ Instituto de Zoología y Ecología Tropical, UCV, Caracas, Venezuela

RESUMEN

Las plantas nodrizas pueden facilitar el establecimiento y desarrollo de otras plantas directamente a través de mejoras en las condiciones abióticas locales; o de manera indirecta eliminando potenciales competidores, generando protección contra la herbivoría, o favoreciendo el desarrollo de organismos benéficos como microorganismos del suelo. En particular, el papel de la microbiota edáfica en las interacciones entre plantas, y específicamente en los procesos de facilitación, ha sido poco estudiado hasta ahora, especialmente en ambientes alpinos tropicales. Por lo tanto, en este trabajo exploramos la interacción nodriza-microbiota del suelo y su potencial participación en la determinación de las interacciones planta-planta. El objetivo fue estudiar el efecto del arbusto nodriza *Hypericum laricifolium* sobre la abundancia total y diversidad funcional de bacterias edáficas en cuatro sitios a lo largo de un gradiente de elevación en los Andes tropicales venezolanos, entre 4100 y 4400 m. Recolectamos muestras de suelo bajo la copa del arbusto y en las áreas adyacentes fuera de su influencia, y cuantificamos el contenido de bacterias heterótrofas totales (BHT) viables y cultivables mediante el recuento de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo. Se aislaron cepas bacterianas y se realizó un perfil fisiológico a través de pruebas bioquímicas donde cada cepa se enfrentó con diferentes sustratos y fuentes de carbono: polisacáridos (celulosa, almidón, pectina, lignina y quitina), lípidos, nitrógeno (degradación de enlaces peptídicos e hidrólisis de urea) y fósforo. Se hizo un análisis funcional a través de la técnica multivariada de clúster que permitió estimar la estructura de la comunidad bacteriana a través de la delimitación de grupos funcionales (GF), grupos de identidad funcional (GIF) y el índice de diversidad funcional (IDF). Finalmente, se determinó la densidad de bacterias diazótroficas de vida libre y nitrificantes. Nuestros resultados mostraron que el arbusto puede promover un aumento en la abundancia de BHT y favorecer la actividad de ciertos grupos bacterianos (p. ej. actinobacterias, solubilizadoras de P, fijadoras de N₂ y nitrificantes). La presencia del arbusto también generó un aumento del número de GF, GIF e IDF con respecto a las áreas abiertas. No observamos una tendencia general de la actividad de las bacterias edáficas a lo largo del gradiente de elevación. Sin embargo, a 4100 m (el sitio más bajo y más seco del gradiente) hubo una disminución de la frecuencia de utilización de los sustratos celulosa, almidón, lignina y degradación de enlaces peptídicos. Esto sugiere la posibilidad de que los menores contenidos de agua en el suelo en este sitio podrían afectar la actividad y función de las comunidades bacterianas. Los resultados indican que el efecto local del arbusto nodriza *H. laricifolium* sobre las condiciones abióticas del microhábitat que pueden modular la actividad microbiana (p. ej. mayores contenidos de materia orgánica y agua en el suelo, suelos menos ácidos, y temperaturas menos extremas de los sustratos) podrían estar favoreciendo la actividad de diversos microorganismos edáficos. A su vez, esto pudiera favorecer el establecimiento y desempeño de otras especies de plantas de la comunidad.

Palabras clave: facilitación indirecta, plantas nodrizas, microorganismos del suelo.





CALIDAD DEL SUELO: INDICADORA DE LA RECUPERACIÓN EN UNA RESERVA NATURAL EN SANTANDER, COLOMBIA

Caicedo, J. P.; Gonzáles, O. F.; Baquero, S.; Loiza, J. C.; Polanía, J.

1 Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín;

* Calle 59A No 63 - 20, Bloques 11, 14, 41 y 52, Campus Central, Medellín, Colombia, jhpolaniv@unal.edu.co

2 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

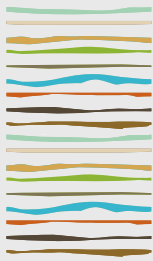
Sede Medellín; Av. 80 #65 - 223, Robledo, Medellín, Antioquia, jcloaiza@unal.edu.co

RESUMEN

Los suelos proporcionan servicios ecosistémicos esenciales, generan el sostén para la existencia de los ecosistemas y para la biodiversidad. Es crucial entender su calidad para valorar los procesos ecológicos de la vegetación. Sin embargo, pocos estudios han evaluado la calidad del suelo como indicadora de la efectividad de la restauración de ecosistemas. Este estudio desarrolló un análisis estadístico de calidad del suelo bajo distintos usos: conservación, restauración, cultivos, degradación y pasividad; determinados mediante características específicas (propiedades físicas, químicas y biológicas). Los objetivos fueron: 1) Analizar características físicas, químicas y biológicas del suelo, que permitan establecer su calidad, en función del uso en una reserva de la sociedad civil en Zapatoca, Santander (MMEP); y 2) determinar el estado de restauración y/o actual de núcleos de restauración y restauración pasiva, según la calidad del suelo en MMEP. La calidad del suelo se evaluó mediante pruebas Anova y Dunnett en cada parámetro. La regeneración natural y la restauración asistida fueron procesos efectivos en el mejoramiento de la densidad aparente, la porosidad, el número de individuos y las familias de macroinvertebrados. Además, la restauración asistida fue efectiva en la reducción del pH, las concentraciones de aluminio y el aumento en las concentraciones de potasio sobre la regeneración natural. El análisis de componentes principales recogió variación de PC1 y PC2 en 45,1% y 16,4%, respectivamente. Los cambios en la calidad del suelo fueron producto de la estructura vegetal nueva, el aporte de materia orgánica por parte de la vegetación, el desarrollo del sistema radicular y la recirculación de nutrientes en el suelo; así como el éxito de la restauración. Este estudio permite comprender los cambios en la calidad del suelo bajo diferentes usos y proporciona una base práctica para la valoración de métodos de restauración ecológica en una reserva de la sociedad civil de los Andes orientales colombianos.

Palabras clave: calidad del suelo, parámetros físicos y químicos, restauración ecológica.





ESTEQUIOMETRÍA ENZIMÁTICA Y EDAFICA EN RESPUESTA A LA INTENSIFICACION EN EL USO DEL SUELO

Campilongo Mancilla E.J.^{1,2*}, D.L. Serri^{1,2}, L. Gabbarini³, M. Quiroga², J.M Meriles⁴, J. Paredes^{1,2}, A. Rago¹, S. Vargas Gil^{1,2}.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-Centro de Investigaciones Agropecuarias;

² Instituto de Patología Vegetal - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Unidad de Fitopatología y Modelización Agrícola;

³ Universidad Nacional de Quilmes;

⁴ Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba).

* Av. 11 de septiembre, (5020) Córdoba, Prov. de Córdoba, campilongo.javier@inta.gov.ar Financiamiento: INTA PDI037, PUEDD-UFyMA.

RESUMEN

La intensificación sustentable, que incluya a los cultivos de cobertura en la secuencia, es una herramienta promisoriosa para mejorar el nivel nutricional del suelo. Dado que las especies vegetales difieren en su composición bioquímica, es probable que los cambios en la diversidad de especies vegetales alteren la cantidad y calidad de los recursos del suelo, y la composición y funcionamiento de las comunidades microbianas.

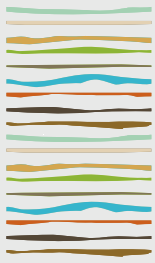
El objetivo de este trabajo fue estimar la limitación relativa de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) en sitios bajo diferentes secuencias de cultivos, comparando la estequiometría de la actividad enzimática con la estequiometría de los macronutrientes del suelo.

En la campaña 2020/2021, se tomaron muestras de suelo (0-10 cm) de cuatro lotes comerciales ubicados en la zona manisera de la provincia de Córdoba. Los lotes incluyeron en la secuencia centeno (CT) como cultivo de servicio, trigo (T), soja (S) y maní (M). Sitio El Manantial (departamento Juárez Celman) lote EM1: CT/S-M, y lote EM2: T/S-M; sitio La Paz (departamento Juárez Celman) lote LP1: CT/S-CT/M, y lote LP2 T/S-M. Se realizó la cuantificación de actividad enzimática extracelular empleando 4-Metilumbeliferona (MUB) y 7-Amino-4-metilcumarina (AMC). En las muestras de suelo fueron ensayadas las siguientes enzimas para C: β -D-cellobiosidasa (CEL), β -D-glucopyranosidasa (GLC), β -D-xylopyranosidasa (XYL) y β -D-glucuronidasa (GLR); para N: N-acetil- β -D-glucosaminidasa (NAG) y leucina (LEU), y para P: Fosfatasa ácida (FOS). Además, se determinaron carbono orgánico del suelo (CO), nitrógeno total (N) y fósforo disponible (P).

Los resultados demostraron a partir del diagrama de dispersión de la estequiometría de enzimas extracelulares entre los ejes C:N y N:P, que EM1 estaba principalmente limitado en P, mientras que EM2 en C y N. Por su parte los sitios LP1 y LP2 registraron limitación de N. En cuanto al diagrama de dispersión de la estequiometría química edáfica C:N vs N:P, los sitios de estudio resultaron con limitación relativa de C y N para el sitio EM1, de C y P para el sitio EM2, y limitación de N LP1 y LP2. Se empleó un análisis de correlación lineal de Pearson para el estudio entre variables, hallando para CO y cociente estequiométrico enzimático C:N una correlación significativa y positiva del 49%. Por su parte, el contenido de N en suelo presentó una correlación significativa y negativa con la actividad de la enzima NAG del 43% y una correlación significativa y positiva con el cociente estequiométrico enzimático de C:N del 49%. Por último, el contenido de P en suelo estuvo positivamente correlacionado con la actividad de LEU siendo del 49%.

Palabras clave: enzimas extracelulares, suelo, cultivos de cobertura.





POTENCIALIDAD BIOTECNOLÓGICA DE LA MULTIPLICACIÓN DE HONGOS MICORRÍCICOS EN SISTEMA AUTOTRÓFICO DE BAJO COSTO

Commatteo, J.G.^{1,2,3}, P.A. Barbieri^{1,3}, F. Covacevich^{2,3,*}

¹ Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible (IPADS)-Estación Experimental Balcarce, Ruta 226 km 73.5, 7620, Balcarce;

² Instituto de Biodiversidad y Biotecnología-Fundación para las Investigaciones Biológicas Aplicadas, Vieytes 3103, B7602BRC, Mar del Plata;

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET);

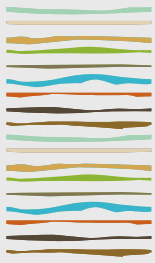
*covacevich.fernanda@inta.gob.ar.

RESUMEN

La potencialidad de los Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA) en favorecer la nutrición y/o crecimiento de plantas hospedadoras, en biocontrolar patógenos del sistema radical, y en favorecer la microbiota y estructura del suelo, es indiscutible. Sin embargo, su multiplicación presenta más complejidades que la de otros microorganismos PGPM (de las siglas en inglés Plant Growth Promoting Microorganisms). En parte la naturaleza biotrófica obligada de los HMA, el crecimiento más lento que otros PGPM, y la coexistencia con bacterias endosimbiontes, son aspectos que condicionan la multiplicación de los inóculos. Por ello, en general, los productos de calidad en el mercado son a base de sustratos sólidos, donde la simbiosis micorrícica se ha desarrollado (mezcla de raíces colonizadas, esporas, micelio, suelo). Sin embargo, esto afecta la logística de la aplicación con fines productivos. Nuestro objetivo fue definir una logística de multiplicación de HMA libre de sustrato sólido y de bajo costo que, en el mediano plazo, pueda escalarse con fines biotecnológicos. Para ello se consideraron 4 aspectos fundamentales según se detalla: *i*) Planta trampa: se seleccionaron especies micotróficas de importancia agrícola (maíz, soja, sorgo y alfalfa); *ii*) Medio de cultivo con pH controlado y suministro de suplemento nutricional; para lo que se evaluó 1) medios semisólidos: agar agua (AA) y carboximetilcelulosa (CMC) al 1%; 2) medios semilíquidos: AA y CMC al 0.1%; y 3) medio líquido: agua destilada (H₂O_d) con sistema de aireación; *iii*) Forma de multiplicación: sistema autotrófico (dos compartimentos: aéreo y radical) *iv*) Inóculos de HMA: conformados por esporas de elevada representatividad con superficie externa parcialmente esterilizada. Las esporas fueron extraídas por tamizado en húmedo y centrifugación en gradiente de sacarosa al 60% de un ensayo de larga duración con sistemas de rotación de cultivos (maíz-trigo-soja), ubicado en la E.E.A-INTA, Balcarce. Se seleccionaron los morfotipos **más representativos** (gigasporoide, glomoide y acaulosporoide) que fueron parcialmente esterilizados externamente a través de sonicado y lavados con antibióticos. La inoculación se realizó en proximidades de las raicillas de plántulas pregerminadas axénicamente. Se monitoreó el crecimiento de las plantas, posibles indicadores de deficiencias de nutrientes y/o contaminación, proliferación de micelio o esporas y colonización micorrícica. A los 60 días después de la inoculación se detectó abundante micelio externo en todos los sistemas. Sin embargo, en medios como el CMC 1%, AA 1% y/o H₂O_d la abundante contaminación por otra microbiota (tanto fúngica como bacteriana) condicionó el monitoreo de la multiplicación de los HMA. Además de micelio externo, se detectaron indicios incipientes de colonización micorrícica en plantas de maíz y sorgo crecidas con medio AA 0.1%. El secuenciamiento de una parte de la región ribosomal mayor LSU rDNA del micelio externo (previa extracción de DNA y amplificación por reacción de PCR utilizando cebadores específicos para especies glomoides de HMA) permitió determinar que el mismo presenta alta similitud (identidad >95%) con representantes de los géneros *Glomus* y *Rhizophagus*. Futuros estudios deberán confirmar la presencia de otros géneros de HMA en el sistema planteado. Asimismo, el paso siguiente es evaluar posibles etapas de escalado del proceso.

Palabras clave: bioinoculantes, micorrizas, soportes semilíquidos.





PERSPECTIVA PARA EL CONTROL DE *BOTRYTIS CINEREA* A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE YUTE INOCULADO CON *BACILLUS SUBTILIS*

Cristóbal-Miguez, A.E.J.¹, A. Paz-González², M. López-Vicente², G.C. Sarti^{1,2}

¹Cátedra de Química Inorgánica y Analítica. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

Av. San Martín 4453. C1417DSE Buenos Aires. Argentina. amiguez@agro.uba.ar

²Grupo AQUATERRA, Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas, CICA-UDC, Universidade da Coruña. Campus de Elviña 15071 A Coruña, España.

RESUMEN

En Galicia, uno de los factores limitantes del rendimiento en suelos agrícolas es la presencia –casi permanente– de malas hierbas, que compiten por el agua y los nutrientes. Como medida de control de la aparición y crecimiento de las mismas, se está evaluando aplicar sobre el suelo en cultivos leñosos cubiertas a base de productos agrotexiles. En viñedos, el hongo *Botrytis cinerea* es una de las amenazas más comunes. Bacterias pertenecientes al género *Bacillus* son reconocidas por ser importantes agentes de control biológico debido a su capacidad para producir una amplia gama de moléculas bioactivas, con propiedades antifúngicas, baja toxicidad y alta biodegradabilidad. Los objetivos de este trabajo son: 1-Estudiar la capacidad de la cepa *B. subtilis* subsp. *spizizenii* como agente de control biológico sobre *Botrytis cinerea* en condiciones de laboratorio. 2- Estudiar la viabilidad de la bacteria, su capacidad para esporular y su movilidad cuando la misma es inoculada sobre fibras de yute en condiciones húmeda y seca. En ensayos in vitro *B. subtilis* inhibió un 80% el desarrollo del fitopatógeno, a través de la liberación de metabolitos activos liberados al medio de cultivo. No se observó mayor síntesis de metabolitos inhibidores debido a la presencia del hongo en cocultivo, sugiriendo que la bacteria posee una capacidad innata para sintetizar este tipo de compuestos. *B. subtilis* en su forma vegetativa se mantuvo viable en las fibras de yute debido a su capacidad para degradar y metabolizar este agrotexil. Así mismo fue capaz de esporular, lo cual asegura la viabilidad de la bacteria. Por último, se verificó la movilidad de *B. subtilis* a través de las fibras del agrotexil demostrando el potencial de la bacteria para colonizar el suelo. Resulta promisorio la aplicación sobre el suelo de fibras de yute inoculadas con *B. subtilis* para el control de *B. cinerea*.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*, *Botrytis cinerea*, yute

INTRODUCCIÓN

España es líder mundial en superficie de viñedo, con más de 950.000 hectáreas dedicadas al cultivo de la vid (Marqués de Villamejor, 2020). Todo impedimento del normal crecimiento de las raíces de este cultivo se traslada a la parte aérea, provocando disminución del crecimiento, producción y calidad del mosto. Entre los factores limitantes del rendimiento aparece con frecuencia la escasa profundidad del suelo, que condiciona una menor capacidad de reserva de agua y nutrientes, y la presencia de malas hierbas, que compiten con el cultivo por los recursos.

Como medida de control de las malas hierbas en las filas de los viñedos, se está evaluando en un proyecto en marcha en Galicia con variedades autóctonas de vid (Agudelo y Blanco Legítimo; López-Vicente *et al.*, 2022) la aplicación sobre el mismo de cubiertas a base de productos agrotexiles. Los agrotexiles de fibra de yute son 100% biodegradables y pueden ser usados convenientemente para controlar la erosión del suelo e impedir la aparición y crecimiento de la vegetación no deseada.



El hongo *Botrytis cinerea* es una de las amenazas más comunes al buen rendimiento de los viñedos. Usualmente se han utilizado productos químicos para su control, pero se ha observado un aumento de la resistencia del hongo a los mismos (Velazco-Belalcazar *et al.*, 2019). Dada esta problemática, se estudia la implementación de técnicas agronómicas más sostenibles como el uso de ciertos microorganismos capaces de controlar las poblaciones del fitopatógeno (López Gonzales, 2019).

El potencial de *Bacillus* como agente de control biológico se basa fundamentalmente en su capacidad para producir una amplia gama de moléculas bioactivas, con importantes propiedades antifúngicas, baja toxicidad y alta biodegradabilidad (Ambrico *et al.*, 2017; Fan *et al.*, 2017). *Bacillus subtilis*, ante condiciones ambientales desfavorables como escasez de nutrientes, desecación, modificaciones en el pH entre otras, es capaz de producir esporas (de Hoon *et al.*, 2010), las cuales pueden permanecer largos periodos de tiempo bajo esa estructura antes de volver a germinar y transformarse nuevamente en una célula vegetativa. La formación de esporas es una característica de suma importancia a la hora de desarrollar una formulación para ser aplicada en especies vegetales (bioinoculante) debido a que se asegura la viabilidad de la bacteria. Los objetivos de este trabajo son: 1- Estudiar la capacidad de la cepa *B. subtilis* subsp. *spizizenii* como agente de biocontrol sobre el hongo *Botrytis cinerea* en condiciones de laboratorio. 2- Estudiar la viabilidad de la bacteria, su capacidad para esporular y su movilidad cuando la misma es inoculada sobre yute en condiciones seca y húmeda.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Ensayo de antibiosis

Bacillus subtilis subsp. *spizizenii* fue crecida en caldo nutritivo en condiciones de agitación a 150 rpm a 30°C. Se sembró en medio de una placa de Petri con medio sólido agar papa glucosado (APG) un botón de 0,5 cm de diámetro de *Botrytis cinerea* y a una distancia de 2,5 cm se realizó una estría de la bacteria. Este procedimiento se realizó por triplicado. El ensayo se incubó a 25°C durante 7 días. Posteriormente se evaluó la inhibición del crecimiento fúngico sobre la placa, la cual se calculó mediante la fórmula (Perniola *et al.*, 2014): $I = [(C-T)/C] \times 100$, donde: C es el radio de la colonia del patógeno en el control y T corresponde al radio de la colonia del patógeno tratada con *Bacillus*.

2. Método de difusión del sobrenadante bacteriano en papel de filtro

B. subtilis creció en caldo nutritivo en condiciones de agitación a 150 rpm a 30°C. En las mismas condiciones se cocultivó la bacteria con *B. cinerea*

De ambos cultivos, bacteria sola y del cocultivo, se tomaron alícuotas de 5ml a las 24, 48, 72 y 96h las cuales fueron centrifugadas a 7000 rpm durante 15 minutos y se utilizó el sobrenadante libre de células.

Se sembraron para cada tiempo, en placas de Petri con medio APG una suspensión del micelio de *B. cinerea*. Posteriormente se depositaron discos de papel de filtro estériles de 0,5 cm y se instilaron con 20µl de los sobrenadantes bacterianos, del cultivo de *B. subtilis* crecido solo y del cocultivo. El ensayo se incubó a 25°C durante 7 días y se realizó por triplicado. Posteriormente se midieron los halos de inhibición del desarrollo fúngico.

3. Curva de crecimiento de *B. subtilis*

B. subtilis se cultivó en las mismas condiciones que en el ítem 1. Se tomaron alícuotas de 5 mL a 0, 24, 48, 72 y 96 h para medir la densidad óptica del cultivo utilizando espectrofotómetro (Mettler Toledo) a una longitud de onda de 610 nm.

4. Estudio sobre la sobrevivencia de células vegetativas y capacidad de esporulación de *B. subtilis* sobre fibras de yute

4.1 Preparación del inóculo bacteriano:

B. subtilis fue cultivada en caldo nutritivo en agitación (150 rpm) a 30 °C durante 48 h.

4.2 Preparación e inoculación del yute:

El yute fue fraccionado en unidades de (5x0,5) cm y 0,3 cm de espesor. Cada fracción fue depositada en forma individual en cajas de Petri y esterilizada a 120 °C durante 20 minutos.



4.2.1 Inoculación de yute seco:

En 4 cajas de Petri con yute estéril, se inoculó sobre una de las superficies del yute con 2 mL del cultivo de *B. subtilis*

4.2.2 Inoculación de yute húmedo:

En 4 cajas de Petri con yute estéril, se instilo sobre una de sus superficies con 1 ml de agua estéril, transcurridos 60 minutos se inoculo con 2 ml del cultivo de *B. subtilis*. En ambos casos (1 y 2) las cajas de Petri fueron mantenidas en estufa de cultivo a 30°C. Se contabilizaron las UFC de células vegetativas y esporas a las 48 y 96 h, 6, 10, 25 y 50 días.

4.2.3 Contabilidad de las UFC a partir de células vegetativas:

En cada tiempo de medición, se tomó una de las placas de Petri con el yute inoculado. El mismo se agitó en bortex, dentro de un tubo estéril con 10 ml de solución fisiológica estéril durante 3 minutos. A partir de esta solución se realizaron diluciones seriadas. Se sembró en placa con medio agar papa glucosado (APG) mediante técnica tradicional (Drigalski) por duplicado, las cuáles se incubaron durante 48 h a 30°C. Se contabilizaron UFC/ml.

4.2.4 Contabilidad de UFC a partir de esporas:

Las diluciones realizadas a partir del yute, como se describe en el ítem 4.2.3, se calentaron a 80°C durante 15 minutos con el objeto de destruir las formas vegetativas. Luego se continuo la misma metodología que en el ítem anterior con las células vegetativas.

5. Capacidad de migración de *B. subtilis* sobre las fibras de yute

Se esterilizaron 3 porciones de yute de 2x2 cm y 0,3 cm de espesor como en 4.2. Cada porción de yute estéril fue depositada en placa de Pétri sobre medio de cultivo APG. Dos de estas porciones se inocularon, sobre la superficie, con 100µl de cultivo de *B. subtilis*. La tercera porción de yute se instiló con agua estéril (tratamiento control). A las 48 h se observó la capacidad de migración de *Bacillus* desde la superficie del yute hacia el medio APG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuantificación de la actividad antifúngica de *B. subtilis* sobre *B. cinerea*

En el cultivo dual de *B. subtilis* y el hongo *B. cinérea* el porcentaje máximo de inhibición del desarrollo micelial del fitopatógeno se logró a los 7 días alcanzando un valor del 80%. La inhibición perduró durante más de 60 días.

Varios trabajos evidencian la capacidad antagonista de diversas especies de *Bacillus* frente a fitopatógenos de origen fúngico (Ambrico *et al.*, 2017; Fan *et al.*, 2017). En particular, *B. subtilis* ha sido reconocido por sus propiedades antifúngicas contra los géneros *Fusarium*, *Pythium* (Sarti *et al.*, 2013) y *Botrytis* (López-González *et al.*, 2019) Toral-Navarro (2019) realizó estudios en invernadero, en plantas de tomate y fresa, y en campos, en viñedos confirmando que una cepa del género *Bacillus* redujo la incidencia y severidad de los daños producidos por *B. cinérea* en más de un 50%.

Actividad antifúngica de los sobrenadantes de cultivo líquido *B. subtilis* y cocultivo de *B. subtilis* y *B. cinérea*

En la implementación de técnicas de biocontrol no necesariamente deben aplicarse formulaciones con bacterias vivas, sino que también el uso de sus productos, es decir, los metabolitos activos, pueden ejercer inhibición. Se comprobó que *B. subtilis* en ambas situaciones (cultivada sola o cocultivada con el fitopatógeno) sintetizó metabolitos solubles en agua con capacidad para inhibir el crecimiento de *B. cinérea* (Tabla 1).

Este hecho, podría indicar que no hubo inducción en la producción de metabolitos inhibidores debido a la presencia del hongo y que la bacteria posee una capacidad innata de sintetizar este tipo de compuestos. La máxima inhibición se encontró con los sobrenadantes que correspondían a las 48h de cultivo, coincidiendo con el inicio de la fase estacionaria de crecimiento de la bacteria (Figura 1)



Tabla 1. Actividad antifúngica (media y desviación estándar) de los sobrenadantes de *B. subtilis* sobre el hongo *B. cinérea*. Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tiempo de incubación (h)	Diámetro del halo (mm)			
	24	48	72	96
<i>B. subtilis</i>	-	13 ± 1,3 ^a	13 ± 1,1 ^a	12 ± 2,0 ^a
<i>B. subtilis</i> + <i>B. cinérea</i>	-	12 ± 1,1 ^a	12 ± 1,4 ^a	12 ± 1,8 ^a

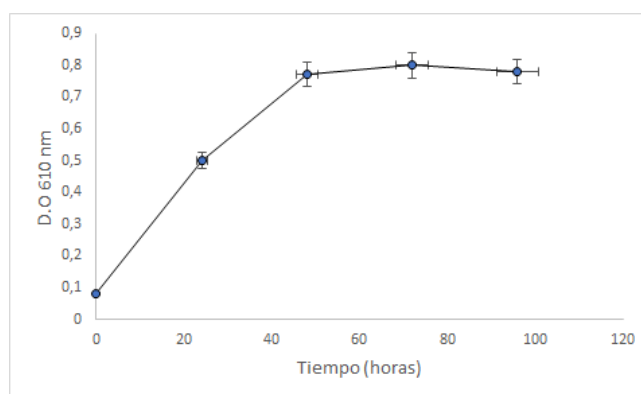


Figura 1. Curva de crecimiento de *B. subtilis* en caldo nutritivo a 30 °C y 150 rpm

Dado que en ambos casos la inhibición fue producida por los sobrenadantes libres de células, se considera que estos metabolitos no se encontrarían unidos a la célula bacteriana, sino que serían excretados en el medio de cultivo.

Hultberg *et al.* (2010) demostraron que la aplicación de este tipo de metabolitos no afecta la flora indígena a nivel de la rizosfera. Este hecho, sumado a la alta degradabilidad y baja toxicidad de estos compuestos, los posiciona como una alternativa frente a los fungicidas de origen sintético (Ambrico *et al.*, 2017).

Sobrevida y capacidad de esporulación de *B. subtilis* en fibras de yute

B. subtilis, bajo su forma vegetativa, fue capaz de crecer y mantener su viabilidad durante el tiempo que duró el ensayo (50 días) tanto cuando las fibras de yute se mantuvieron en condiciones húmedas (fibra húmeda) como en sequedad (fibra seca). En ambas condiciones las UFC cuantificadas se hallaron en el orden de 1×10^8 UFC mL⁻¹ (Tabla 2).

Tabla 2. Desarrollo de células vegetativas y esporas a partir de la inoculación de *B. subtilis* sobre yute húmedo y seco (UFC(cm²)⁻¹)

Tiempo de incubación	48 hs	96 hs	6 días	10 días	25 días	50 días
<i>UFC (cm²)⁻¹ yute húmedo</i>						
células vegetativas	1,84E+08	1,80E+08	3,20E+08	4,80E+08	4,90E+08	3,36E+08
esporas	1,60E+08	4,96E+08	2,40E+08	6,40E+08	8,32E+08	4,32E+08
<i>UFC (cm²)⁻¹ yute seco</i>						



células vegetativas	3,60E+07	1,52E+08	5,60E+08	1,40E+08	2,68E+08	4,12E+08
esporas	2,80E+07	4,00E+07	1,20E+08	1,40E+08	3,70E+07	1,20E+08

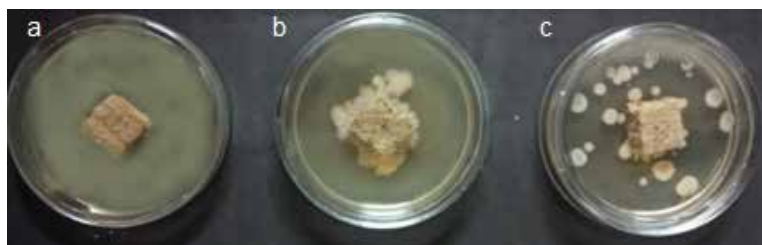
La viabilidad de *B. subtilis* como célula vegetativa podría relacionarse con su capacidad para degradar y utilizar este agrotexil para su metabolismo. En el laboratorio, se comprobó la capacidad de esta bacteria para degradar celulosa (dato no mostrado). La actividad celulolítica en el género *Bacillus* también fue demostrada por otros autores (Talia *et al*, 2011; Nandimath 2016).

Con respecto a la cuantificación de esporas, tanto en el yute húmedo como seco el número de esporas fue elevado, hecho que asegura la viabilidad de la bacteria. Esto es de gran importancia debido a que en los ensayos a campo, el yute podría ser inoculado antes de ser colocado sobre el terreno, y la gran esporulación de *B. subtilis* permitiría encontrar a la bacteria en un número adecuado para que, cuando el yute entre en contacto con el suelo y comience su etapa degradativa, las mismas puedan germinar y contar con una alta población del microorganismo en el suelo.

Movilidad de *B. subtilis* en las fibras de yute

B. subtilis fue capaz de migrar desde la superficie de la fibra de yute y alcanzar el medio de cultivo, hecho observado desde las 48h de iniciado el ensayo (Foto 1-b). En ese tiempo, además quedó demostrado la liberación y germinación de esporas en el medio de cultivo (Foto 1-c). La movilidad que mostró la bacteria a través de las fibras de yute resulta de gran importancia si pensamos en la capacidad de la bacteria para colonizar el ambiente rizosférico, desde el yute inoculado, una vez colocado en el suelo.

Figura 1. Placas con medio AGP, sobre las cuáles se colocó una porción de yute (a) yute sin inocular, (b y c) yute inoculado con *B. subtilis*.



Según Hernández (1993) en el género *Bacillus* existen dos tipos de desplazamientos: i) "swarming" que se manifiesta por la presencia de una película fina de crecimiento expansivo, debido a un comportamiento grupal de las bacterias en la periferia de la colonia, en el cuál, unos organismos se desplazan sobre sus vecinos. Y ii) "darting" debido a la expulsión de bacterias de la colonia, generado por aquellas que comparten el material polimérico extracelular.

CONCLUSIONES

La capacidad biocontroladora demostrada en ensayos in vitro por *B. subtilis subsp. spizizenii* sobre el fitopatógeno *Botrytis cinérea*, junto con su permanencia y movilidad en las fibras de yute resulta promisorio para su aplicación en dicho agrotexil y tratamiento en el control de enfermedades en vid.

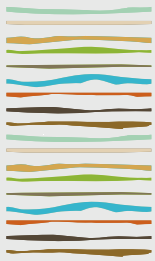
BIBLIOGRAFÍA

- Ambrico A. & Trupo M. 2017. Efficacy of cell free supernatant from *Bacillus subtilis* on biocontrol of green and gray mold. *Harv. Biol. Tech.* 134: 5:10
- Fan F., Zhang Z., Li Y., Zhang X., Duan Y. & Wang Q. 2017. Biocontrol of Bacterial fruit blotch by *Bacillus subtilis* 9407 via surfactin-Mediated Antibacterial Activity and Colonization. *Front. Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01973> (28-9-2022)
- Hernández F. & Rodríguez E. 1993. El fenómeno de "swarming" y otros tipos de desplazamiento bacteriano. *Rev.Cost. Cienc.Méd.* 14(1,2): 45-51



- Hoon M.J.L, Eichenberger P, Vitkup D. 2010. Hierarchical evolution of bacterial sporulation network. NIH. PubMed.gov: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20833318/> (28-9-2022)
- Hultberg M., Alsberg T., Khalil S., Alsanius B. 2010. Suppression of disease in tomato infected by *Pythium ultimum* with a biosurfactant produced by *Pseudomonas koreensis*. *Biocontrol*, 55(3):435-444
- López González R.C., Martínez Peniche R.A. & Pacheco Aguilar J.R. 2019. Bacterias antagonistas a *Botrytis cinerea* aisladas de flor de manzano. *Revista Nthe* 31: 69-75
- López-Vicente M., Pereira-Rodríguez L., García-Tomillo A., Corredoira-López C.E. & Paz-González A. 2022. 3D relative differences of soil water content over a crop cycle in a rainfed vineyard with two varieties and homogeneous ground conditions. En: Book of Proceedings of the VII International Congress of Mountain and Steep Slopes Viticulture "Extreme viticulture: from a cultural landscape to an economic and environmental sustainability", pp. 213-218. ISBN: 978-989-704-471-7
- Nandimath A.P., Kharat K.R., Gupta A.G. & Kharat A.S. 2016. Optimization of cellulase production for *Bacillus* and *pseudomonas* sp soil isolates. *African journal of Microbiology Research* 10(13):410-419
- Perniola O., Staltari S., Chorzempa S., Gassó & M. Molina M. 2014. Control biológico de *Fusarium graminearum*: utilización de *Trichoderma* spp. Y biofumigación con parte aérea de *Brassica juncea*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*, 46:1853-1865
- Talia P., Sede S.M., Campos E., Roring M., Principi D., Tosto D., Hopp E., Grasso D. & Cataldi A. 2012. Biodiversity characterization of cellulytic bacteria present on native Chaco soil by comparison of ribosomal RNA genes. *Research in Microbiol.* 163(3): 221-232
- Toral Navarro L. 2019. Control biológico de *Botrytis* por la cepa *Bacillus* sp. E implicaciones en la producción de plantas de interés agrícola. XtremBiotech. Depto. De Microbiología, facultad de farmacia, Universidad de Granada. España. [file:///D:/Users/Josefina/Downloads/74386%20LAURA%20TORAL%20NAVARRO%20TESIS\(1\).pdf](file:///D:/Users/Josefina/Downloads/74386%20LAURA%20TORAL%20NAVARRO%20TESIS(1).pdf) (28-9-2022)
- Velasco-Belalcázar M.L., Hernández-Medina C.A., Giménez-López E.D., Torres-González & Caro-Hernandez P.A. 2019. Endophytic bacteria of *Capsicum frutescens* antagonistic to *Fusarium* spp. *Agron. Mesoam*30 (2):367-380
- Villamejor de M. 2020. Importancia económica y social del sector vitivinícola en España. <https://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/06306.pdf> (27-9-2022)





BIOINDICADORES DE CARBONO NO SOLO EM INTEGRAÇÃO SOJA-PECUÁRIA COM DIFERENTES ÉPOCAS DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES

Daneluz Rintzel, R.D.^{1*}, V.J.L.P. Simoes², E.G.T. Souza³, L.P. Brauwiers⁴, J.A.G.F. da Silva⁵, A.P. Martins⁶

¹ Mestranda em Ciências do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Av. Bento Gonçalves, nº 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre – RS Brasil. E-mail: rafaelarintzel@gmail.com *Autora apresentadora;

² Doutorando em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS;

³ Graduando em Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul – UFRGS;

⁴ Mestrando em Ciências do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS;

⁵ Doutoranda da Universidade Federal de Lavras – UFLA;

⁶ Professora do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

RESUMO

Objetivou-se estudar o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano (qMIC) como bioindicadores participantes do balanço de C orgânico total (COT) no solo, influenciados pela época de reposição (via fertilizante mineral) de fósforo (P) e potássio (K) e pelo pastejo no inverno, durante o três diferentes épocas de coletas no ciclo hibernar de azevém em sistema de produção de soja no verão, em um Plintossolo no Sul do Brasil. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições, em sistema fatorial 2x2, onde os fatores consistem em diferentes épocas de reposição de fósforo (P) e potássio (K) (na semeadura do azevém e na semeadura da soja) e pastejo hibernar (com pastejo e sem pastejo). As avaliações foram realizadas na pastagem do ano agrícola 2021/2022 em três tempos de coletas (1º tempo: após a entrada dos animais na pastagem; 2º tempo: na metade do período de pastejo; e 3º tempo: após a saída dos animais). Ao contrário do que foi hipotetizado inicialmente, o tempo de coleta influencia diretamente nos bioindicadores de carbono do solo, onde o C-BMS e o qMIC apresentaram aumento do 1º para o 3º tempo de coleta, e o qCO_2 ficou maior no 2º tempo de coleta. Mostrando a importância de se realizar coletas ao longo do tempo, uma vez que os bioindicadores ligados ao carbono se mostraram muito sensíveis a mudanças temporais curtas (dentro de uma mesma safra), necessitando-se de mais pesquisas demonstrando a influência do tempo de coleta nos parâmetros biológicos. A reposição de P e K na soja juntamente com a ação do pastejo durante o cultivo de azevém, tende a diminuir a qualidade da matéria orgânica do solo após 5 anos de sistema.

Palavras chave: Sistema de integração lavoura-pecuária, fluxo de CO_2 , microbiologia do solo.

INTRODUÇÃO

Em sistemas de produção de alimentos, o estoque de C no solo é o resultado líquido das entradas e das saídas de C no sistema (Urquiaga et al., 2010). O acúmulo de C no solo é resultante de boas práticas de conservação e manejo do solo, como por exemplo, a manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo e a adoção da semeadura direta (Salton et al., 2011; Borges et al., 2015). Isto pode ser ainda mais intensificado ao conciliar o pastejo no sistema de produção, uma vez que os animais atuam como catalizadores, reciclando o material vegetal e modificando a dinâmica dos nutrientes no solo. Carvalho et al. (2010) observaram impactos positivos na agregação do solo e na atividade microbiana em um sistema de integração lavoura-pecuária mantido sob uma pastagem bem manejada, além de melhoria nos atributos químicos associados, como o carbono orgânico total e particulado.

A microbiota e a sua interação com outros organismos do solo é vital na dinâmica do C do solo, regulação



da quantidade e qualidade dos componentes hidrológicos e das emissões de gases de efeito estufa (Franzuebbers, 1999). Dentre estes gases, tem-se o CO_2 , que é uma das principais vias de perda de carbono do solo, caracterizado pela respiração dos seres vivos no ambiente edáfico (incluindo raízes, macrorganismos e microrganismos). Desta forma, o balanço de C no solo está intimamente ligado ao componente biológico do mesmo; que, por sua vez, é alterado conforme a quantidade e qualidade de resíduos vegetais sobre o solo.

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) podem potencializar suas respostas produtivas em função do processo de decomposição da matéria orgânica no solo e da consequente mineralização de nutrientes. Neste sentido, a microbiota do solo serve como um reservatório de nutrientes, favorecendo a ciclagem e liberação de nutrientes no solo. No entanto, qualquer alteração no ambiente pela atividade antrópica pode modificar a diversidade e funcionalidade dos microrganismos (Costa et al., 2014), inclusive, com impactos na quantidade e momento da adubação.

Nesse sentido, hipotetiza-se que após cinco anos testando diferentes épocas de reposição de P e K e ação do pastejo, a pastagem mantida sob adubação e ação do pastejo hibernal, apresenta um ambiente mais equilibrado para os microrganismos do solo, diminuindo o e fluxo de CO_2 e favorecendo o sequestro de C no sistema, indiferente do tempo de coleta de solo. Para verificar esta hipótese, analisou-se o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) e quociente microbiano ($q\text{MIC}$) como bioindicadores participantes do balanço de C orgânico total (COT) no solo, influenciados pela época de reposição (via fertilizante mineral) de fósforo (P) e potássio (K) e pelo pastejo no inverno, durante o três diferentes épocas de coletas no ciclo hibernal de azevém em sistema de produção de soja no verão, em um Plintossolo no Sul do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento onde este estudo foi realizado vem sendo conduzido desde 2017, em uma área que está sob semeadura direta (ausência de revolvimento do solo) desde o início dos anos 2000, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul-RS.. O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa), com temperatura média do ar de 19°C e precipitação pluviométrica média de 1500 mm anuais. O solo é classificado como Plintosso Argilúvico Distrófico típico (13,4% de argila na camada superficial). O delineamento experimental é de blocos casualizados com quatro repetições, em sistema fatorial 2×2 , onde os fatores consistem em diferentes épocas de reposição de P e K (na semeadura do azevém e na semeadura da soja) e pastejo hibernal (com pastejo e sem pastejo). As avaliações foram realizadas na pastagem no inverno de 2021 e, por isto, incorporou-se ao modelo estatístico de análise o tempo de coleta durante a pastagem hibernal (1° tempo de coleta: após a entrada dos animais na pastagem; 2° tempo de coleta: na metade do período de pastejo; e 3° tempo de coleta: após a saída dos animais), como pode-se observar na Figura 1. Foi realizado uma análise de solo caracterizando o início do ano agrícola avaliado (Tabela 1).



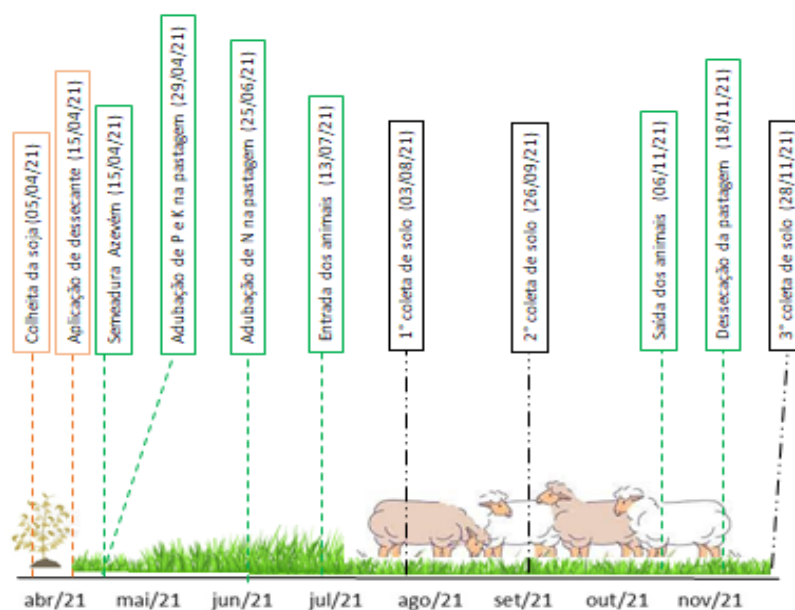


Figura 1: Manejos e coletas de solo realizados no inverno de 2021, em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico, analisado sob diferentes épocas de reposição de P e K e do pastejo hibernal entre safras de soja no verão.

Tabela 1: Teores de fósforo (P) e potássio (K) disponíveis (Mehlich 1) no solo, no início do inverno do ano agrícola de 2021/2022. Eldorado do Sul – RS.

Época de reposição de P e K	Pastejo hibernal	P±EPM	K±EPM
		----- mg dm ⁻³ -----	
No azevém	Sem pastejo	52 ± 6,1 ⁽²⁾	95 ± 40,4
No azevém	Com pastejo	39 ± 5,9	57 ± 7,0
Na soja	Sem pastejo	38 ± 6,1	101 ± 2,9
Na soja	Com pastejo	44 ± 3,7	89 ± 20,3

O teor crítico (90% do rendimento relativo) de P e K, para a soja e para o azevém, é 30 e 90 mg dm⁻³, respectivamente, de acordo com a CQFS RS/SC (2016). EPM= erro padrão da média.

No inverno avaliado, a adubação foi realizada a lanço, seguindo a época de reposição de P e K, com as doses de 35 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 50 kg de K₂O ha⁻¹. Também foi realizada adubação nitrogenada de cobertura na dose de 150 kg de N ha⁻¹. As fontes utilizadas foram superfosfato triplo, cloreto de potássio e ureia. O pastejo hibernal iniciou após as adubações, com ovinos da raça Corriedale, utilizando-se o método de pastoreio contínuo com carga animal variável e intensidade de pastejo moderada (15 cm de altura média de manejo no azevém). Os animais permaneceram em pastejo até o final do ciclo do azevém (Figura 1).

A coleta de solo foi realizada na camada de 0-10 cm, com auxílio de um trado calador, em cinco pontos por parcela. As amostras foram tamisadas e armazenadas sob temperatura controlada (cerca de 3°C) até o momento da análise. O carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi analisado pelo método de irradiação-extração, de acordo com Islam e Weil (1996) adaptado por Ferreira et al. (1999). A respiração basal do solo foi quantificada pelo método de Jenkinson & Powlson (1976). O quociente metabólico do solo (qCO₂)

foi calculado usando-se a relação entre o RBS e a C-MBS, segundo proposto por Anderson e Domsch (1993). O carbono total do solo (COT) foi analisado segundo Walkley e Black (1934) O quociente microbiano (qMIC) foi obtido através de uma relação entre o C-BMS e o COT.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), considerando as fontes de variação época de reposição de P e K, pastejo hibernal e tempo de coleta. Os resultados das variáveis que apresentaram diferença significativa tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Constatou-se influência do fator tempo de coleta de solo para o C-BMS, o qCO_2 e o qMIC como pode-se observar na Tabela 2.

Tabela 2: Carbono na biomassa microbiana (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano (qMIC) e carbono total do solo (COT) em função de diferentes tempos de coleta de solo durante a pastagem de azevém: 1ª coleta (após a entrada dos animais no sistema), 2ª coleta (metade do ciclo do pastejo) e 3ª coleta (após a saída dos animais e dessecação do azevém em um *Plintosso Argilúvico* Distrófico típico. Eldorado do Sul – RS.

Tempo de coleta	C-BMS	qCO_2	qMIC	COT
	mg kg^{-1}	mg de C- CO_2 g C-BMS h^{-1}	%	g kg^{-1}
1º coleta	144,6 b	29,2 b	1,13 b	13,0 ns
2º coleta	209,8 ab	75,7 a	1,46 ab	14,5 ns
3º coleta	253,8 a	11,7 b	1,80 a	14,3 ns

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). ns = não significativo.

No 3º tempo de coleta, caracterizado pela saída dos animais e dessecação do azevém, os parâmetros microbianos de maneira geral apontaram uma melhor resposta comparado ao início (1º coleta) do ciclo da pastagem. Constatada pela diferença estatística do C-BMS e qMIC. Observou-se que o C-BMS foi se elevando gradualmente ao longo do ciclo da pastagem, aparentemente seguindo a curva de crescimento do azevém, resultando em um acréscimo de 75,51% de C-BMS do 1º tempo de coleta para o 3º tempo de coleta. Esse aumento se justifica, pois, além dos fatores de ambiente (como o efeito de temperatura que é mais elevada em novembro), a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais sobre o solo podem alterar consideravelmente a atividade e a biomassa microbiana (SOUZA et al., 2010).

Assim, sugere-se que o acréscimo na produção vegetal ao longo do ciclo do azevém acarretou em aumento da atividade rizosférica e os resíduos orgânicos adicionados ao solo influenciaram o crescimento microbiano (PEREZ et al., 2004).

Esses mesmos fatores, possivelmente, foram os responsáveis pelo qMIC, que mostrou a mesma tendência do C-BMS, onde foi aumentando seus níveis gradualmente ao longo do ciclo da pastagem de azevém, possuindo diferença estatística do 1º para o 3º tempo de coleta (Tabela 2). Esses resultados mostram o aumento da qualidade da matéria orgânica ao longo dos meses, ainda que o COT não tenha sido estatisticamente alterado.

O qMIC também apresentou interação entre os fatores pastejo hibernal e época de reposição de nutrientes (Figura 2), onde o manejo com pastejo hibernal e reposição de P e K na cultura da soja apresentaram qMIC inferior aos demais tratamentos. Nesse sentido, a pastagem mantida sem adubação (priorizando-se a adubação na cultura da soja) e sob pastejo, demonstrou agregar matéria orgânica de menor qualidade no sistema.



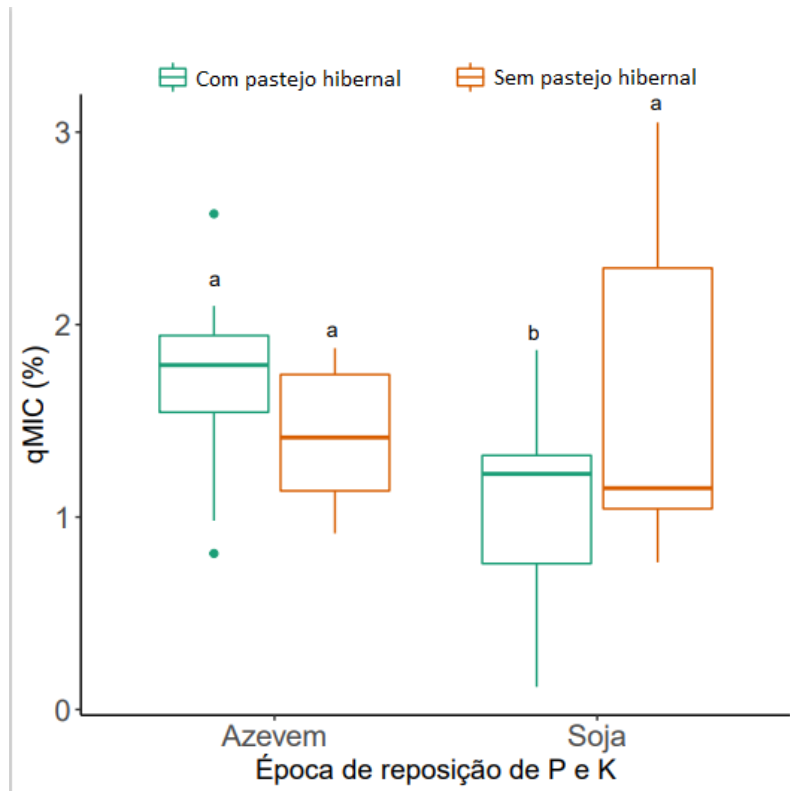


Figura 2: Influência da época de reposição de P e K e da ação do pastejo no qMIC do solo. Em um *Plintosso Argilúvico* Distrófico típico. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Essa diminuição do qMIC possivelmente ocorreu devido a pastagem não ter recebido a adubação necessária para se desenvolver em quantidade e qualidade e, ainda, receber a pressão do pastejo animal, o que reforça a importância de realizar a correta adubação nas pastagens, sobretudo quando tem-se pastejo hibernal.

No meio do ciclo da pastagem (2ª coleta de solo) a biomassa microbiana estava sob condição estressante, comprovado pelo elevado qCO_2 . Nesse momento havia mais perda de C do solo para a atmosfera, via respiração microbiana, fator diferente do início e do final do ciclo de pastejo, quando o qCO_2 apresentou menores valores, diferindo estatisticamente do 2º tempo de coleta, mostrando que nestes momentos a microbiota do solo estava em uma situação de equilíbrio, aumentando a eficiência do sistema. Esse menor qCO_2 indica que nestes momentos do ciclo da pastagem, a microbiota estava em condições favoráveis para viver e desenvolver suas funções essenciais de forma eficaz, resultando em um sistema equilibrado.

CONCLUSÕES

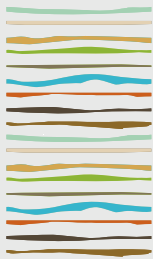
Ao contrário do que foi hipotetizado inicialmente, o tempo de coleta influencia diretamente nos bioindicadores de carbono do solo, onde o C-BMS e o qMIC apresentaram aumento do 1º para o 3º tempo de coleta, e o qCO_2 ficou maior no 2º tempo de coleta. Mostrando a importância de se realizar coletas ao longo do tempo, uma vez que os bioindicadores ligados ao carbono se mostraram muito sensíveis a mudanças temporais curtas (dentro de uma mesma safra), necessitando-se de mais pesquisas demonstrando a influência do tempo de coleta nos parâmetros biológicos.

A reposição de P e K na soja juntamente com a ação do pastejo durante o cultivo de azevém, tende a diminuir a qualidade da matéria orgânica do solo após 5 anos de sistema.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, TH & KH Domsch. 1993. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as PH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25(3)393-395
- Walkley, AJ & IA Black. 1934 Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37. 29-38.
- Borges, CS; BT Ribeiro; B Wendling & DA Cabral. 2015. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO₂ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. *Rev. Ambient. Água.* 10(3)661-675.
- Carvalho, PCF; I Anghinoni; A Moraes; ED Souza; RM Sulc; CR Lang; JPC Flores; MLT Lopes; JLS Silva; O Conte; CL Wesp; R Levien; RS Fontaneli & C Bayer. 2010. Managing grazing animals to achieve nutriente cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 88:259-273.
- Costa, GD; MAA Silva; GB Demétrio; MA Silva & LS Matsumoto. 2014. Influência da adubação nos atributos microbiológicos do solo na produção de milho silagem. *Synergismus scyentifica URFPR.* 09(1).
- Ferreira, AS; FAO Camargo & C Vidor. 1999. Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *R. Bras. Ci. Solo.* 23(4)991-996.
- Franzluebbbers AJ. 1999. Introduction to Symposium – Microbial Biomass: Measurement and Role in Soil Quality. *Can. J. Soil. Sci.* 79: 505-506.
- Islam, KR; RR Weil. 1998. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbo. *Biol. Fertil. Soils.* 27:108-416.
- Jenkinson, DS & DS Powlson 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-IV. The decomposition of fumigated organisms in soil. *Soil Biol. Biochem.* 8(3)203-208.
- Perez SSP; MLG Ramos & C McManus. 2004. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejos nos Cerrados. *Pesq. agropec. bras.* 39(6)567-573.
- Salton, JC; J Mielniczuk; C Bayer & AC Fabrício; MCM Macedo & DL Broch. 2011. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesq. Agropec. Bras.* 46(10)1349-1356.
- Souza, ED; SEVGA Costa; I Anghinoni; CVS Lima; PCF Carvalho; AP Martins. 2010. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *R. Bras. Ci. Solo,* 34.79-88.
- Urquiaga, S; AJR Alves; CP Jantalia & RM Boddey. 2010. Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica. *Informações agronômicas,* n° 130.





ARBUSCULAR MICORRIZAL FUNGI IN BAMBOO UNDER BRAZILIAN SAVANNAS

DIAS, T. V.^{1*}, T.S. BARBOSA², L.B.M. SANTOS³

¹ Faculdade Evangélica de Goianésia;

² Faculdade Evangélica de Goianésia;

³ Faculdade Evangélica de Goianésia

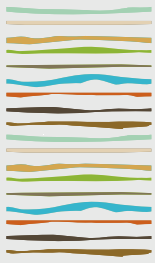
* Br 414 Km 321 Fazenda Boa Sorte Cocalzinho de Goiás, thayvds@outlook.com

ABSTRACT

Many studies on bamboo are focused on assessing their production potential and utilization, but there are few studies on the correlation of associated mycorrhizal fungal species found in their rhizosphere. The objective of this work is to verify the established mycorrhizal community and its ecological relations with the bamboo species, *Actinocladum verticillatum* and *Bambusa vulgaris vittata*, under Cerrado vegetation. Root and soil samples of *Actinocladum verticillatum* and *Bambusa vulgaris vittata* were collected. For sampling, 12 points were chosen from the Gurupi - TO and Porangatu - GO microregions. The parameters mycorrhizal colonization rate, spore density and identification of associated genera were evaluated. There are no differences in mycorrhizal colonization rate values among the studied bamboo species, however *Bambusa vulgaris vittata* presented higher spore density values than *Actinocladum verticillatum*. The genera *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis*, *Glomus* and *Gigaspora* were identified in the investigated rhizosphere, except for the genus *Sclerocystis*, all genera were identified in both bamboo species. The genera *Acaulospora*, *Diversispora*, and *Glomus* have the highest affinity for *Bambusa vulgaris vittata* and *Actinocladum verticillatum*.

Keywords: *Actinocladum verticillatum*; cerrado vegetation; mycorrhizal colonization.





VALIDACIÓN DE MÉTODO DE RESPIRACIÓN POTENCIAL EN UN SUELO PATAGÓNICO: IRGA VS TRAMPAS DE NaOH

Díaz Leviante, M¹, A.S. Enriquez^{2,*}, M. Gonzalez Polo^{3,*}

¹ Universidad Nacional de Río Negro;

² Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INTA-CONICET),

* Modesta Victoria 4450, Bariloche, Río Negro, enriquez.andrea@inta.gob.ar.

³ INIBIOMA, CONICET-UNCO, * Quintral 1250, Bariloche, Río Negro

RESUMEN

Las actividades humanas aumentaron las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera provocando un calentamiento adicional de la superficie y atmósfera terrestre, con consecuencias sobre los ecosistemas naturales y la humanidad. Esto motiva la investigación acerca de las emisiones de GEI desde los ecosistemas y particularmente desde el suelo, dado que contiene más del doble de carbono que la atmósfera. El objetivo del presente trabajo es comparar la adecuación de dos métodos analíticos ampliamente utilizados para la evaluación de la respiración microbiana potencial del suelo (IRGA vs. Trampas de NaOH) en Ardisoles de la estepa patagónica y analizar la variación en los resultados en función del tiempo y temperatura de almacenamiento posterior al muestreo de los mismos. Las muestras de suelo utilizadas para el estudio se tomaron en el Campo Experimental Anexo de INTA ubicado en Pilcaniyeu en cuatro momentos: 2016 y 2020 (almacenados secos a temperatura ambiente), 2021 (almacenados a 4°C) y 2022 (fresca). Las incubaciones del suelo se realizaron en laboratorio en condiciones óptimas de humedad (60% capacidad campo) y temperatura (25°C), y en oscuridad. Los valores de respiración potencial máxima estimados para cada técnica presentaron diferentes magnitudes pudiendo esto deberse a una subestimación o sobrestimación de la tasa de respiración del método, respectivamente. Independientemente de la técnica utilizada, los valores de respiración obtenidos para los diferentes años no se encontraron estadísticamente afectados por su antigüedad. Los resultados indican que la técnica del IRGA es una buena opción para estimar respiración en suelos pobres con bajas emisiones potenciales debido a su practicidad, menor tiempo invertido para obtener resultados y mayor sensibilidad con respecto al método de trampas.

Palabras clave: respiración microbiana, patagonia norte, incubación de suelo

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han aumentado las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, lo cual genera consecuencias sobre los ecosistemas naturales y la humanidad. Esto motiva la investigación acerca de las emisiones de GEI como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) desde los ecosistemas.

La superficie del suelo libera CO₂ como resultado de los procesos de respiración, que comprenden la oxidación bioquímica de los compuestos de carbono (C) realizada por microorganismos, en mayor medida, y la respiración de organismos edáficos, raíces e hifas micorrícicas (Vásquez et al., 2013). Esta tasa de producción de CO₂ indica la tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo y en consecuencia, la cantidad de C que se pierde del sistema. Estimar la respiración del suelo ayuda a determinar la contribución de este al balance del CO₂ en la atmósfera (Burbano Orjuela, 2018), de gran relevancia dado que el suelo contiene más del doble de C que la atmósfera (Cuevas Rodriguez et al., 2012).



Para evaluar las emisiones de CO₂, pueden realizarse experimentos en laboratorio bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y luz. Este tipo de ensayo se lleva a cabo en incubadoras con cámaras cerradas de vidrio tomando muestras de gas desde ellas y analizando la concentración de CO₂ acumulada (García Izquierdo et al., 2003). Para ello, se pueden emplear técnicas como la del IRGA o trampas de NaOH. Si bien se recomienda realizar los ensayos de respiración en muestras frescas, son pocos los estudios donde se evalúa el efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en las mediciones de emisión de CO₂, influencia que puede variar de acuerdo al tipo de suelo, (Lee et al., 2007). Esto resulta útil para estimar la representatividad en las emisiones obtenidas si se analizaran muestras almacenadas en diferentes condiciones. El objetivo del presente trabajo es comparar la adecuación de dos métodos analíticos ampliamente utilizados para la evaluación de la respiración microbiana potencial (R_{max}) (IRGA vs. Trampas de NaOH) en suelos Aridisoles de la estepa patagónica y analizar la variación de los resultados en función del tiempo de muestreo de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio a campo se realizó en el Campo Experimental Anexo de INTA ubicado en Pilcaniyeu (41°02' 9.5" S; 71°31' 21.5" O) a 1070 m.s.n.m. El paisaje está dominado por estepas gramíneo-arbustivas, con predominio de suelo clasificado como Aridisol. La zona cuenta con un régimen hídrico semiárido, con inviernos fríos y húmedos, veranos templados y secos, y fuertes vientos (Gaitán et al. 2019). La temperatura media anual es 7,7°C y la precipitación media anual es 258 mm (período 1986-2013) concentrada un 70% en otoño e invierno (Fariña, 2018).

Las muestras de suelo compuestas de 3 submuestras, fueron recolectadas en la zona de inter-parche no vegetado, a 0-10 cm de profundidad, en cuatro momentos: 2016 y 2020 (almacenadas secas a temperatura ambiente), 2021 (almacenadas a 4°C) y 2022 (fresca).

El trabajo de laboratorio se llevó adelante en el Laboratorio de Suelos y Aguas de INTA EEA Bariloche (ensayos IRGA) y en el Laboratorio de Suelos del CRUB-UNCO (ensayos trampas NaOH).

Medición IRGA

Se utilizaron frascos de 213 cm³ con tapa de cierre hermético. La tapa se conectó de manera hermética a un venteo con tapón y a un sistema de llave de tres vías.

Para la preincubación, se colocaron 30 g de suelo húmedo al 60% de su capacidad de campo y se preincubó a 25°C en ausencia de luz durante 5 días, con venteo abierto para permitir oxigenación (la humedad se rectificó durante la preincubación).

Para la toma de muestras de aire, los suelos se incubaron 2:30 h, 5 h, 7 h, 23 h, 48 h, 72 h y semana 1 a 16 en condiciones similares a las de la preincubación pero con venteo cerrado. Finalizado el período de incubación, se extrajo una alícuota de gas del interior del frasco con una jeringa de 30 ml, que se inyectó en el analizador Infra-Red Gas Analyzer (IRGA) EGM-4 de PP-systems, a razón de 5 ml/seg en modo estático. Al terminar la medición se destaparon los frascos durante unos minutos para renovar la atmósfera de aire y así evitar problemas de anaerobiosis y diferencias de presiones parciales. Se cerraron previo al nuevo período de incubación, registrando la hora de cierre.

A todos los datos obtenidos se les resta el blanco, el cual fue calculado a partir del promedio de dos mediciones: Una muestra de un frasco vacío tapado al finalizar cada medición y una muestra del aire del laboratorio para conocer la concentración de CO₂ al momento de cierre.

Se utilizó la siguiente fórmula para realizar los cálculos:

$$\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ suelo seco} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} * \frac{P}{G} \text{ (García Izquierdo et al., 2003)}$$



P: Presión [atm]

V: $\frac{\text{Volumen frasco} \cdot \text{medición IRGA en ppm}}{10^6}$

T: Temperatura [K]

R: Constante de gases ideales [0,082 atm · m³ · mol⁻¹ · K⁻¹]

p: 12000 mg equivalentes a 1 mol de CO₂

G: Factor relativo a la cantidad de suelo seco utilizado en el ensayo. [kg]

Medición NaOH

Se utilizaron frascos de 1,5 L dentro de los cuales se colocaron 100 gramos de suelo a 60% de capacidad de campo con 10 mL de solución de NaOH (0,5 N), y un recipiente con agua. Se sellaron herméticamente con cinta e incubaron en un cuarto a 25°C en ausencia de luz.

Previamente, se realizó una preincubación de las muestras de suelo en las condiciones antes descritas (humedad, temperatura y ausencia de luz) durante 5 días.

Como blancos se utilizaron frascos que únicamente contenían agua y la solución de álcali.

El NaOH se repuso según el cronograma de medición a las semanas 1, 2, 4, 8 y 16. Se determinó el CO₂ absorbido indirectamente por medio de una titulación del exceso de NaOH con ácido clorhídrico (HCl) 0,5N, precipitando los carbonatos con cloruro de bario (BaCl₂), usando fenolftaleína como indicador. Todas las muestras se analizaron por triplicado.

Se utilizó la siguiente fórmula para realizar los cálculos:

$$\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ suelo seco} = \frac{(B-S) \cdot N \cdot 6}{G} \quad (\text{García Izquierdo et al., 2003})$$

B: Volumen medio de HCl empleado en la valoración de los blancos.[ml]

S: Volumen de HCl empleado en la valoración de las muestras de suelo.[ml]

N: Normalidad exacta de HCl utilizado en la valoración.

6: Factor de conversión considerando el peso equivalente del CO₂ [22 mg/meq] según la relación estequiométrica y el peso del C presente en la molécula de CO₂ [12 mg/44 mg]

G: Cantidad de suelo seco utilizado en el ensayo [kg]

Análisis de datos

Se determinó el punto de inicio de la fase estacionaria mediante el ajuste de los datos acumulados al modelo Gompertz, transformando los datos de emisión acumulada a logaritmo en base 10 e incorporándolos al programa estadístico R. El valor de la asíntota horizontal obtenida se definió como la máxima emisión potencial y se registró el número de días necesarios para alcanzar este punto de acuerdo a cada técnica.

A fin de determinar las diferencias significativas en el comportamiento de la media de cada curva, de acuerdo a cada año, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con p <0,05; y la prueba Tukey con un nivel de significancia de p <0,05. Para comparar los datos de emisión potencial máxima de cada técnica se realizó una regresión lineal.

Análisis realizados en el programa Prism4 (GraphPad, San Diego, CA, USA), utilizando el ajuste global (Motulsky y Christopoulos, 2004).

En el ensayo de las trampas de NaOH se utilizó la Prueba de Q, un test estadístico utilizado para n<10 a fin de descartar datos anómalos en las repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo IRGA

Se confeccionaron las curvas con los valores acumulados de emisión de CO₂ (Figura 1A) durante 112 días (16 semanas) donde se consideró el inicio de la fase estacionaria entre los 14 y los 21 días. En este punto



se obtuvieron como resultados: $8,1 \pm 2,2$ mg C-CO₂ kg⁻¹; $11,9 \pm 4,1$ mg C-CO₂ kg⁻¹; $20,7 \pm 8,1$ mg C-CO₂ kg⁻¹; $22,1 \pm 20,2$ mg C-CO₂ kg⁻¹ de emisión potencial máxima para los años 2016 y 2020 temperatura ambiente, 2021 refrigerada a 4°C y 2022 fresca, respectivamente (Figura 2A).

Se consideró únicamente el inicio de la fase exponencial hasta el comienzo de la fase estacionaria para el análisis ANOVA entre las curvas de cada año. Las curvas para los cuatro años analizados difirieron levemente, hallando diferencias estadísticamente significativas solo entre las del año 2016 temperatura ambiente y 2021 refrigerada a 4°C. La curva del año 2022 fresca presentó una gran variabilidad en los datos, abarcando al resto de los años.

Ensayo Trampas de NaOH

La fase estacionaria comenzó a partir de los días 28 a 56 y se obtuvieron los siguientes valores: $191,2 \pm 22,4$ mg C-CO₂ kg⁻¹; $252,3 \pm 40,8$ mg C-CO₂ kg⁻¹; $529,6 \pm 212,3$ mg C-CO₂ kg⁻¹; $185,5 \pm 41,0$ mg C-CO₂ kg⁻¹ para los años 2016 y 2020 temperatura ambiente, 2021 refrigerada a 4°C y 2022 fresca, respectivamente (Figura 2B). No se hallaron diferencias entre las cuatro curvas analizadas para el rango que comprende el inicio de la fase exponencial hasta el inicio de la fase estacionaria.

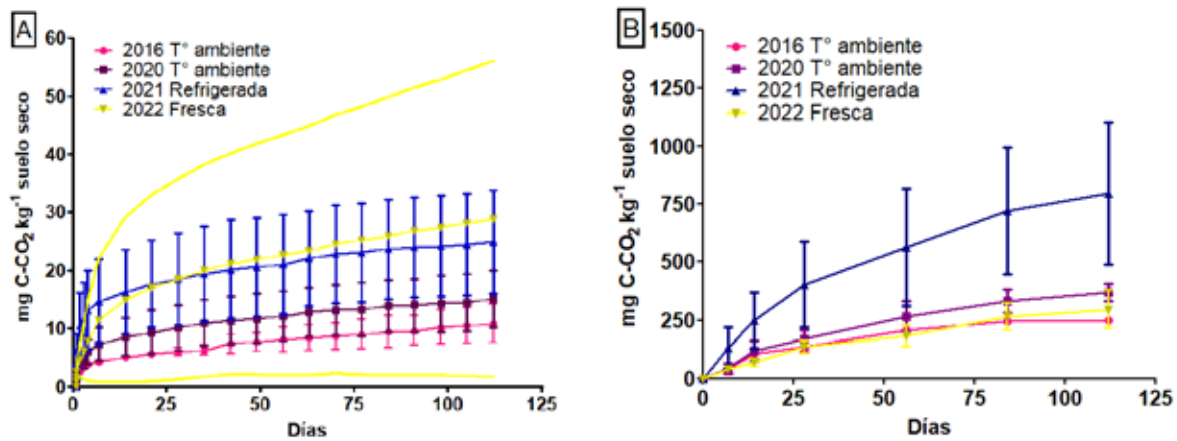


Figura 1: Curvas de evolución del CO₂ respiración acumulada de suelo (mg de C-CO₂ kg⁻¹ ss) durante 112 días de incubación utilizando A) IRGA y B) Trampas de NaOH para los suelos muestreados en diferentes momentos y almacenados en distintas condiciones.

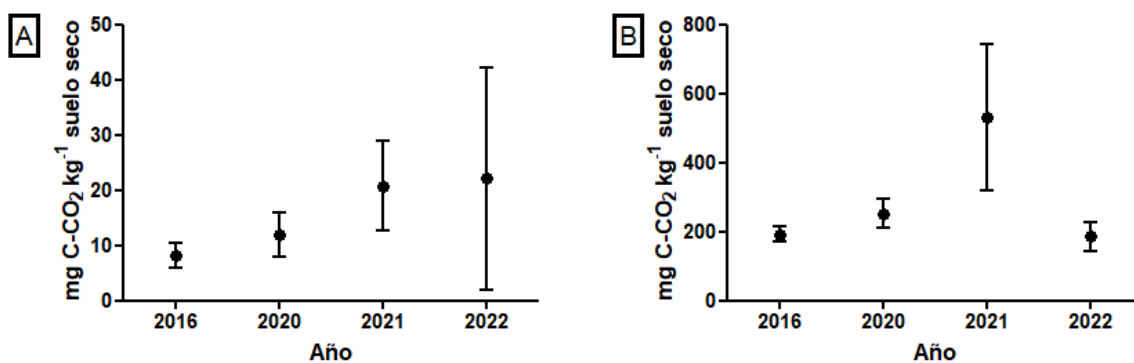


Figura 2: Valores de respiración potencial máxima (\pm Desvío estándar) obtenidos en A) ensayo del IRGA entre los 14 y 21 días de incubación y B) Ensayo de trampas de NaOH entre los 28 a 56 días de incubación.

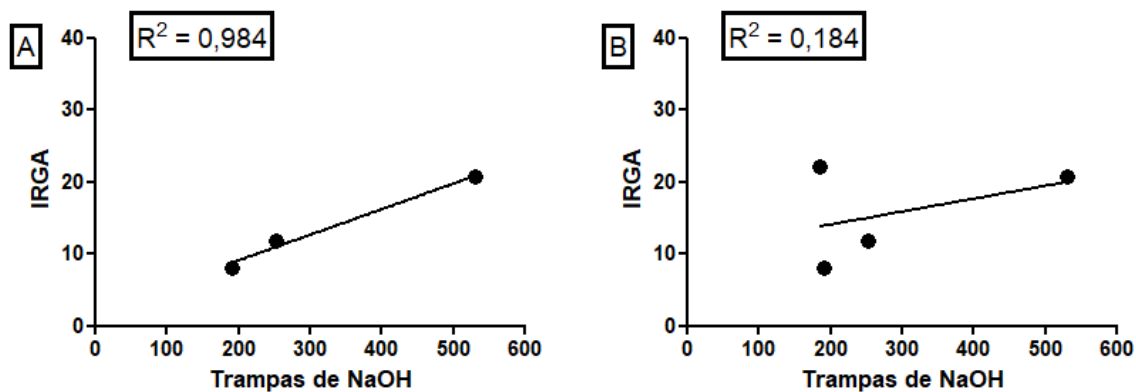


Figura 3: A) Aproximación lineal de las emisiones potenciales máximas obtenidas para los años 2016, 2020 y 2021. B) Aproximación lineal de las emisiones potenciales máximas obtenidas para los años 2016, 2020, 2021 y 2022.

Se encontró una correlación muy alta ($R^2 = 0,984$, 95% de confianza, Figura 3A), al no considerar el año 2022 fresca, relación que se elimina al sumarlo al análisis (Figura 3B).

Al observar la variabilidad de los valores para el año 2022 (fresca) en la técnica del IRGA y la baja emisión en comparación con los demás años, en el caso de las trampa, se considera que es necesario profundizar y seguir investigando este caso en particular.

Finalmente, y dado las diferencias halladas entre ambas técnicas, principalmente en las magnitudes de emisión, se compararon sus características (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación entre las técnicas empleadas para analizar respiración potencial de CO_2 de un Aridisol incubado en laboratorio: IRGA y Trampas de NaOH.

	IRGA	Trampas de NaOH
Límite de detección	695 ppm 2,4 mg C-CO ₂ kg ⁻¹ ss	9774 ppm 72 mg C-CO ₂ kg ⁻¹ ss
Precisión	1ppm 0,0035 mg C-CO ₂ kg ⁻¹ ss	0,1 ml 3 mg C-CO ₂ kg ⁻¹ ss
Resolución/Sensibilidad	Mayor	Menor
Ventajas	Mediciones instantáneas de la concentración de CO ₂ que permiten mayor rapidez, agilidad y capacidad de replica	Método fácil y ampliamente utilizado
Desventajas	Algunos estudios sugieren que las cámaras estáticas cerradas pueden sobrestimar o subestimar las tasas de respiración del suelo (Cueva-Rodríguez et al., 2012).	Podría presentar subestimación de la medida de CO ₂ cuando este es elevado y sobreestimación cuando es baja (Luo & Zhou, 2010).
Tiempo para obtener Rmax	14 días - 21 días	28 días - 56 días

Tiempo de ejecución	80 muestras h ⁻¹	18 muestras h ⁻¹
Costo	Analizador de gases infrarrojo costoso	Económico

Se observa una menor resolución en las trampas de NaOH respecto del IRGA dado los límites de detección y la precisión determinada. La sensibilidad de la técnica de trampas NaOH sería baja para suelos Aridisoles de la estepa de Patagonia Norte, con bajo contenido de materia orgánica, baja disponibilidad hídrica y textura gruesa, que se traduciría en una reducida tasa de emisión potencial de CO₂. No se descarta la posibilidad de que el método del IRGA presente una subestimación (Cueva-Rodríguez et al., 2012) por lo cual ambas técnicas no presentan los mismos resultados en cuanto a magnitudes.

CONCLUSIONES

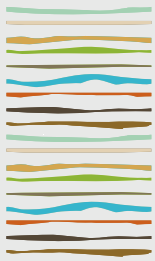
Considerando a la muestra fresca como referencia, se concluye que la respiración microbiana en suelos de estepa de Patagonia norte no se vería significativamente afectada por su antigüedad, aunque hay una tendencia hacia una reducción de actividad con el paso del tiempo. Por tanto, podrían utilizarse muestras extraídas con al menos 6 años de antelación y almacenadas a temperatura ambiente o refrigeradas, para estimar los valores de respiración potencial en laboratorio.

Concluimos que para el estudio de suelos provenientes de zonas áridas y semiáridas la técnica del IRGA es una buena opción debido a su practicidad, menor tiempo necesario para obtener resultados y su mayor sensibilidad respecto del método de las trampas de NaOH.

BIBLIOGRAFÍA

- Burbano-Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Rev. Cienc. Agr.* 35(1): 82-96. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85>. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00082.pdf>
- Cueva-Rodríguez, A., Yépez, E. A., Garatuza-Payán, J., Watts, C. J., & Rodríguez, J. C. (2012). Diseño y uso de un sistema portátil para medir la respiración de suelo en ecosistemas. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 327-336.
- Fariña, C. (2018). Pastoreo intensivo en distintas estaciones del año: efectos a escala de planta y de comunidad en una estepa de Patagonia Norte. Tesis de Maestría en Recursos Naturales, Escuela para Graduados Alberto Soriano -Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.
- Gaitán JJ, Bran DE, Oliva GE, Stressors PA (2019) Patagonian desert. *Encyclopedia of the World's Biomes*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands 163–180.
- García Izquierdo, C., Gil Sotres, F, Hernández Fernández, T., & C, Trasar Cepeda. (2003). Técnicas de Análisis de Parámetros bioquímicos en suelos: Medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Ediciones Mundi-Prensa (Ed. Española).
- Lee, Y. B., Lorenz, N., Dick, L. K., & Dick, R. P. (2007). Cold storage and pretreatment incubation effects on soil microbial properties. *Soil Science Society of America Journal*, 71(4), 1299-1305.
- Luo, Y., & Zhou, X. (2010). *Soil respiration and the environment*. Elsevier. Recuperado de: <https://www.elsevier.com/books/soil-respiration-and-the-environment/luo/978-0-12-088782-8>
- Vásquez, José Rafael, Macías, Felipe, & Menjivar, Juan Carlos. (2013). Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el Departamento del Magdalena, Colombia. *Bioagro*, 25(3), 175-180. Recuperado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000300004&lng=es&tlng=e





EFFECTO DEL BIOCHAR INOCULADO CON PGPR SOBRE LA ABUNDANCIA DE BACTERIAS EN RIZÓSFERA DE TRIGO

Dominchin, M.F.^{1,2*}, E.D. Bigatton³, R.A. Verdenelli^{1,2}, F.M. Barbero^{1,2}, A., J.M Meriles^{1,2}

¹ Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal;

² Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos;

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba;

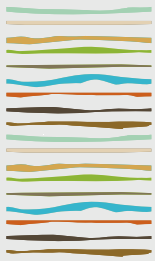
* Avenida Vélez Sarsfield 1611 (5000), Córdoba, Argentina. mfdominchin@imbiv.unc.edu.ar

RESUMEN

Las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR), representan un importante grupo de microorganismos caracterizado por ejercer efectos benéficos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sostener la productividad y reducir el impacto ambiental son premisas sociales. Las PGPR son una alternativa sustentable para promover el crecimiento de los cultivos. Suelos degradados como consecuencia del cambio climático, son escenarios cada vez más probables. Sin embargo, son ambientes adversos para el desarrollo de las PGPR. La supervivencia de estas bacterias se ve disminuida por la pérdida de estructura y nutrientes de esos suelos. Una alternativa a esta situación es la utilización de biochar. El biochar es un material producido por la pirólisis de biomasa que puede ser utilizado como enmienda de suelos. Dentro de las propiedades del biochar, se ha propuesto que constituiría un hábitat favorable para la protección de microorganismos, modificando la composición y abundancia de las comunidades microbianas del suelo. En el presente trabajo se evaluó el efecto del biochar inoculado con PGPR sobre la abundancia total de bacterias cultivables en la rizósfera de plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.). El biochar fue elaborado a partir de excretas de aves de granja en horno termostático con atmósfera reducida en oxígeno a 500°C. Las bacterias PGPR fueron *Bacillus velezensis*. La dosis de inoculación correspondió a 10 mL de PGPR por kg de suelo para alcanzar una concentración aparente de 1×10^7 UFC.mL⁻¹. El suelo fue un haplustol típico bajo sistema de rotación maíz/soja en siembra directa. El ensayo fue en invernadero en macetas de 4 kg. Los tratamientos fueron: control (sin biochar y sin PGPR), B (sin PGPR, con biochar al 3% p/p), PGPR (sin biochar, con 40 mL de PGPR) y B+PGPR (con 3% p/p de biochar inoculado con 40 mL de PGPR). La abundancia de bacterias cultivables se estimó por recuento de células viables en placas de Petri, utilizando un medio de cultivo de agar nutritivo. La germinación se calculó como el porcentaje de semillas germinadas al momento en que el 80% de los tratamientos completaron la fase de germinación. La aplicación de biochar, PGPR y biochar inoculado con PGPR, resultó en un incremento significativo de la germinación de trigo en comparación con el control ($p < 0,01$). La germinación en los tratamientos B+PGPR, B y PGPR fue 35%, 30% y 28% más alta que en el grupo control respectivamente. La aplicación de biochar inoculado con PGPR incrementó significativamente el número de bacterias cultivables totales en comparación con el control y el tratamiento B ($p < 0,01$). Aunque el número de microorganismos cultivados fue mayor en el tratamiento B+PGPR no se diferenció significativamente del tratamiento PGPR. Los resultados de este estudio demuestran que, en suelos de uso agrícola, la aplicación de biochar inoculado con PGPR es capaz de modificar la abundancia de microorganismos rizosféricos y la germinación de trigo. Aunque la aplicación de biochar inoculado con PGPR es positiva para la abundancia de bacterias rizosféricas, su efecto sobre la germinación de semillas de trigo no se diferenció del biochar o las PGPR individualmente.

Palabras clave: biochar, bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR), suelos degradados.





CAMBIOS DE PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS DEL SUELO POR LA INCLUSIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIO

Ducci, A.^{1,2*}, C. Abán¹, J. Huidobro,² M. Acreche,^{1,2} y C. Pérez Brandan^{1,2}

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) CCT-Salta, J.M. Leguizamón 366, 4400 Salta, Salta, Argentina.

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Estación Experimental Agropecuaria Salta, Ruta Nacional 68, Km 172, C.P. 4403, Cerrillos, Salta, Argentina.

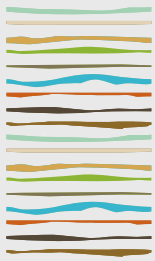
*email: ducci.antonella@inta.gob.ar

RESUMEN

En el noroeste argentino, la expansión y empleo de prácticas agrícolas intensivas enfocadas exclusivamente en el aumento de la productividad, ha llevado a un mal uso de los recursos naturales. Esto se evidencia, entre otros efectos, en una disminución significativa de los servicios eco-sistémicos del suelo. Esta situación condujo a una degradación progresiva del suelo, generando baja calidad física y química, y una deficiente diversidad y actividad microbiana. La acción conjunta de la microbiota del suelo y la vegetación presente en un sitio, son importantes dinamizadoras de la variabilidad espacial de las comunidades microbianas. Esta estrecha y mutua interacción permite el establecimiento de comunidades específicas en la rizósfera a través de los rizodepósitos y formación de "hotspots", donde las interacciones planta-microorganismo se intensifican. No solo las especies vegetales dan forma a la comunidad microbiana del suelo, sino que la composición física y química del suelo también son factores que modelan la misma. La inclusión de cultivos de servicio ecosistémicos (CS) es una alternativa eficaz en la restauración de suelos degradados, lo que contribuye a la sostenibilidad del sistema agrícola a largo plazo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de diferentes cultivos de servicio en parámetros microbiológicos de la rizosférica de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.). Para ello se siguió un diseño a campo en bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Las secuencias fueron: 1) *Vicia villosa*/poroto común; 2) *Melilotus alba*/poroto común; 3) *Avena sativa*/poroto común; 4) *Tricosecale* /poroto común; y tres controles, uno negativo donde se utilizó el monocultivo de poroto (sin cultivo de servicio), y dos controles positivos *Brachiaria brizantha* perenne y vegetación nativa. Se evaluaron variables microbianas como hidrólisis de diacetato de fluoresceína (FDA), actividad deshidrogenasa (DHA) y actividad fosfatasa ácida (FA), biomasa microbiana del suelo que comprende carbono de la biomasa microbiana (CBM) y nitrógeno de la biomasa microbiana (NBM), y proteínas tipo glomalina (GRSP). Los resultados obtenidos mostraron que las propiedades microbiológicas y bioquímicas del suelo fueron mayores en la vegetación nativa. En promedio, en las secuencias probadas, los CS incrementaron el CBM y NBM en un 59% y 63%, respectivamente, y las actividades enzimáticas (FDA y FA) un 43,87% y 35,29%, respectivamente, respecto al monocultivo de poroto. La actividad DHA no varió entre CS. El contenido de glomalina fue un 31,92% mayor en los cultivos de cobertura, principalmente en *Brachiaria* perenne, que presentó los niveles más altos. En conclusión, una forma de recuperar y/o incrementar las prestaciones ecosistémicas es a través de la agricultura de conservación, entre ellas, la inclusión de cultivos de servicio como una herramienta fundamental para mejorar la calidad biológica de los suelos.

Palabras clave: cultivos de cobertura, actividad microbiana, practicas conservacionistas





ALTERNATIVA ECONÓMICA PARA MUESTREAR GASES DE EFECTO INVERNADERO DESDE EMISIONES DEL SUELO UTILIZANDO CÁMARAS ESTÁTICAS

Enriquez, A.S.^{1*}, D. Nassini²

^{1*} Instituto Forestal Agropecuario Bariloche (INTA-CONICET);

² Complejo Tecnológico Pilcaniyeu - Centro Atómico Bariloche - Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA);

*Modesta Victoria 4450, (CP: 8400), Bariloche, Prov. de Río Negro, andreaenri@gmail.com

RESUMEN

La necesidad de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para evaluar estrategias de mitigación del cambio climático global es cada vez mayor. Sin embargo, existen costos relacionados al método que limitan el ajuste de factores de emisión para países con menos recursos. Aquí se sugiere una alternativa simple y económica para reducir el costo total del muestreo de los GEI provenientes de emisiones del suelo, manteniendo la precisión y la exactitud de los datos. Se propone el uso de una jeringa comercial como bomba manual de vacío para el muestreo pasivo de gas en el campo. Ésta propuesta metodológica de muestreo se verificó empleando una mezcla patrón donde se evaluó: 1) presión de vacío de la jeringa, 2) eficiencia del muestreo pasivo de gases y 3) potencial de reúso del vial-septa-precinto utilizado. Los resultados más relevantes fueron: 1) una presión de vacío de 1,4 mbar que permitió evacuar el contenido del vial utilizado (10ml) con una jeringa comercial (60ml), 2) una recuperación del 77-68% de gas patrón utilizado ($\text{CO}_2 > \text{CO} > \text{H}_2$) luego del muestreo pasivo, y 3) la posibilidad de reutilización del sistema vial-septa-precinto de hasta 10 veces, antes de perder la hermeticidad (<75% de recuperación). El uso de esta alternativa de muestreo reduce significativamente los costos generales ya que emplea materiales económicos de uso medicinal, reemplaza bombas de vacío por una jeringa comercial y amortiza el uso del sistema completo. Además, se encontró a esta alternativa precisa, aunque necesita la aplicación de un factor de corrección de 1.3 asociado al proceso del muestreo. Alentamos el uso del método propuesto para muestrear GEI desde emisiones del suelo para evitar invertir, al menos inicialmente, grandes cantidades de dinero.

Palabras clave: emisiones gaseosas; protocolo muestreo; validación método

INTRODUCCION

La evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desde el suelo y de los factores que las regulan es cada vez más importante para mitigar el cambio climático (CC). Los países desarrollados publican informes anuales de emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (CO_2 equivalente), mientras que los países en desarrollo lo hacen de forma bianual, utilizando información con diferentes niveles de precisión (índices Tier 1, Tier 2 y Tier 3) (UN-FCCC, 2009). Mayores recursos mejoran los estudios de medición y monitoreo de las emisiones de GEI del suelo, optimizando los factores de emisión utilizados (Tier 2 o Tier 3) y ajustando los informes. Con menores recursos, los informes basan sus cálculos en factores de GEI predeterminados (Tier I), lo que puede generar impactos negativos en el balance nacional de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ o simplemente puede no ser un reflejo de la realidad. Por lo tanto, es importante evaluar diferentes alternativas de medición de GEI dirigidas y diseñadas para reducir los costos relacionados de estos estudios y fomentar la evaluación de emisiones de GEI en todo el mundo. El método de la cámara estática y los protocolos generales para la recolección de muestras de GEI han sido ampliamente abordados (Parkin y Venterea, 2010; Rochette, 2011). Este trabajo se enfoca en reducir los costos generales en las etapas de la adquisición de insumos y equipos para el óptimo muestreo a campo. Por lo



general, este método requiere viales con vacío para tomar muestras de GEI y almacenarlos hasta su análisis por cromatografía gaseosa (CG). Los viales con vacío están disponibles comercialmente (pre-evacuados) o bien puede crearlo el usuario en laboratorio o a campo, ya sea manualmente o con una bomba de vacío (Sturm et al., 2015). El objetivo de este trabajo es proponer una alternativa para reducir los costos generales del muestreo de GEI del suelo mediante el uso de cámaras estáticas. El procedimiento propuesto busca aumentar la vida útil del conjunto vial-septa-precinto y el tiempo de almacenamiento de las muestras de GEI, sin perder la calidad de los datos. A través de un ensayo secuencial, se probó el uso de una jeringa comercial como vacuómetro manual (presión de vacío), la fiabilidad del método de muestreo pasivo de gases (representatividad del dato), y la vida útil de las septas de goma en función del número de pinchazos de aguja antes de tener fugas (potencial de reutilización).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensamble en laboratorio del sistema de muestreo pasivo de gases

Se desarrolló un sistema ensamblado en laboratorio para evaluar el método de muestreo de GEI en campo propuesto, mediante el uso de una jeringa comercial de plástico como bomba de vacío manual (Figura 1). El sistema se compuso de dos llaves de tres vías conectadas entre sí a través de un tubo de plástico, mientras que los otros puertos estaban conectados a un medidor de vacío, una jeringa comercial de plástico de 60ml y dos agujas pediátricas (código: 13x4 27Gx12'') (Figura 1 a, b). Una de las agujas pediátricas perforó un vial de vidrio sostenido con un soporte flexible para evitar la ampliación del orificio causado. Frente al vial, la jeringa comercial utilizada como bomba de vacío manual se conectó a la llave de paso (Figura 1 a). La otra aguja pediátrica perforó una septa verde del tubo de vidrio conectado a un flujo de gas patrón constante (Figura 1 b). Frente a la septa verde, se conectó un medidor de vacío a la llave de paso para evaluar la presión en el vial.

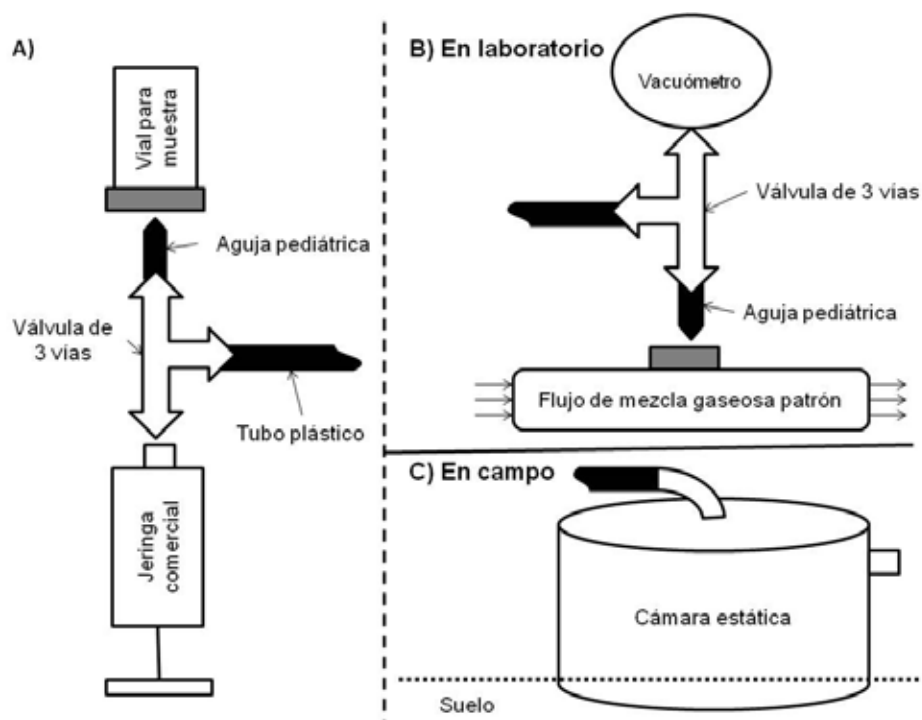


Figura 1. A) Sistema de muestreo pasivo de aire B) montado en laboratorio y C) ejemplo de su uso en campo, con cámara estática.

La mezcla patrón estaba compuesta por CO, CO₂ y H₂ en Ar y se utilizó como referencia para evaluar diferentes aspectos del método propuesto para el muestreo pasivo de GEI en campo. El CO y el H₂ se utilizaron como indicadores ya que el CO₂ normalmente está presente en el aire. Además, al ser una molécula pequeña, el H₂ sirvió para evaluar el poder de sellado de los viales con septa perforada y de todo el sistema de laboratorio.

1) Presión de vacío alcanzada con una jeringa comercial

Se probó una jeringa de plástico de 60ml como bomba de vacío manual para evacuar adecuadamente un vial

de 10ml. La presión de vacío se midió en el sistema ensamblado en laboratorio abriendo-cerrando estratégicamente las llaves de paso, secuencialmente conectadas al gas patrón y a un medidor de vacío.

2) Eficiencia del muestreo pasivo de gases

Se evacuó un vial de 10ml usando el método de la jeringa descrito anteriormente. Luego, la conexión entre la muestra de gas patrón y el vial evacuado se abrió durante 20 segundos hasta estabilizar la presión. La menor presión dentro del vial permitió el muestreo pasivo de gases desde el gas patrón hasta el vial. Este procedimiento se repitió tres veces, analizando en cada evacuación, la composición dentro del vial.

3) Potencial de reúso del sistema vial-septa-precinto

Evaluamos la cantidad de pinchazos admitidos antes de perder hermeticidad de cada set. Para ello, se perforó el centro de la septa 10 veces con aguja de CG y 12 veces con aguja pediátrica.

En todos los casos, se determinó el contenido en el vial y se comparó con el gas patrón para verificar la representatividad de la muestra. Se utilizó un cromatógrafo de gases (CG) SRI 8610 C con un detector de conductividad térmica (TCD) y un metanizador con detector de ionización de llama (met-FID) conectados en serie. Se determinó el área del pico de los diferentes compuestos en la muestra y se comparó con el área del pico correspondiente en la mezcla patrón, analizado el mismo día.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, los resultados reflejan que los porcentajes de recuperación dependen del componente: cuanto más pequeña es la molécula, menor es la recuperación (Fig. 3 a, b, c).

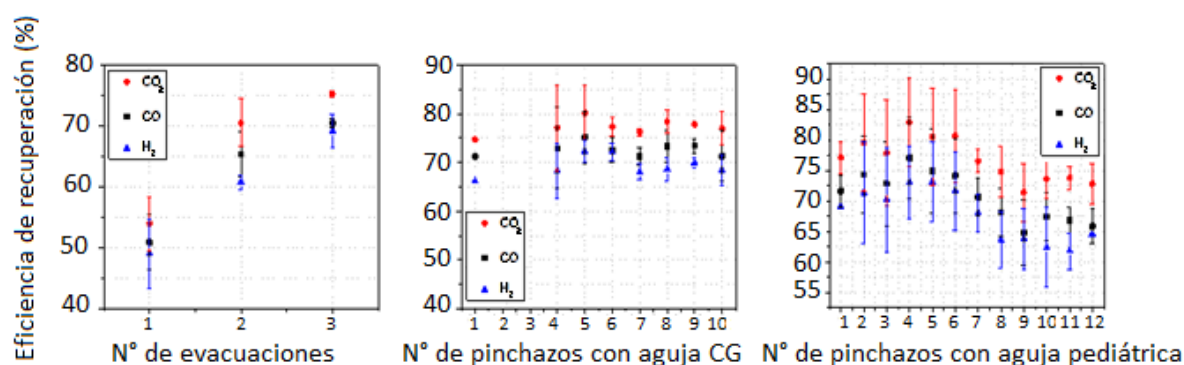


Figura 3. Evaluación del procedimiento de muestreo pasivo en laboratorio. a) Recuperación de los gases patrón después de tres procedimientos consecutivos de muestreo pasivo de gases. b) Recuperación de los gases patrón luego de pinchazos consecutivos con la aguja CG. c) Recuperación de los gases patrón luego de pinchazos consecutivos con la aguja pediátrica.

La presión de vacío alcanzada con la jeringa de 60ml fue de 1,4 mbar, verificada con los porcentajes de recuperación del gas patrón. Se encontró que luego de tres evacuaciones consecutivas se alcanzó una recuperación de 77%-CO₂ > 72%-CO > 68%-H₂ (Fig. 3 a). Entre la segunda y la tercera evacuación, se observa que la recuperación sólo mejora en un 10%, lo que sugiere la necesidad de tres evacuaciones consecutivas (60 s) por muestreo. Las recuperaciones alcanzadas fueron superiores a las recientemente encontradas por Cosentino et al. (2020) para N₂O con otros tres métodos de evacuación: vacío por bomba manual seguido de muestreo pasivo de gases (57%), intercambio de gases por desplazamiento (30%) y única evacuación con jeringa seguido de por inyección de gases (13%).

Por otro lado, para evaluar otro GEI como el óxido nítrico y el metano, se relacionaron los pesos moleculares con la recuperación de los gases patrón (Fig. 4). A partir de eso, se concluyó que se requerirían diferentes factores de corrección para diferentes GEI al usar el método de muestreo propuesto (ej., CO₂: 1.24; CH₄: 1.22; N₂O: 1.24).

La validación completa del método de muestreo pasivo propuesto abarca otros aspectos que se detallarán



en la publicación correspondiente. Además, se presentará el diseño y fabricación de una cámara estática utilizando materiales reciclados.

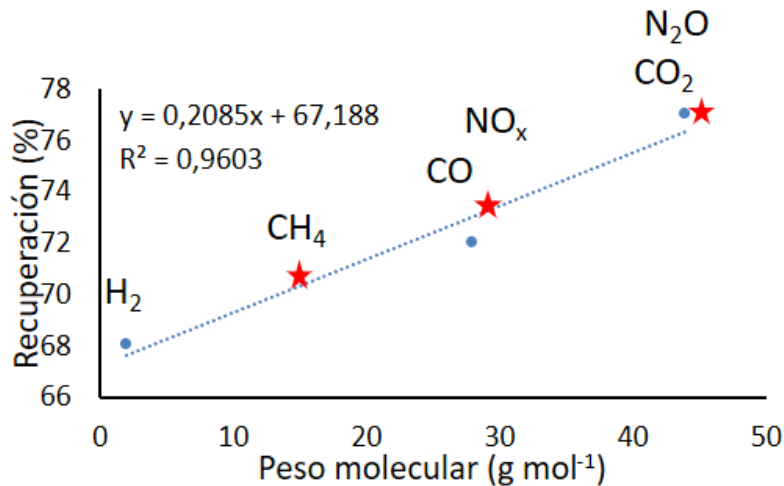


Figura 4. Porcentaje de recuperación en función del peso molecular de los compuestos empleados como patrón. Otros gases de interés se ubican en la relación generada (metano-CH₄, óxidos de nitrógeno-NO_x u óxido nitroso-N₂O).

CONCLUSIONES

La evacuación de los viales en el campo utilizando una jeringa plástica como bomba manual resultó una alternativa viable para realizar muestreos de GEI desde el suelo con calidad de datos aceptables. Al evitar la compra de equipamiento como compresores, bombas manuales e incluso viales pre-evacuados más costosos, se puede reducir el costo general del muestreo de GEI o mejorarlos. A pesar de los buenos resultados hallados en laboratorio, recomendamos corroborar la efectividad particular del gas muestreado con ensayos simples como los aquí desarrollados, ya que los factores de recuperación fueron dependientes del gas considerado. La propuesta de muestreo puede ser adaptada a cualquier protocolo de muestreo de GEI adoptado. Se alienta a utilizar esta metodología para realizar estos muestreos sin la necesidad de elevadas inversiones iniciales para lograrlo.

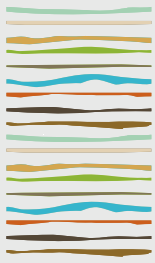
AGRADECIMIENTOS

A los proyectos PD I058 y PD I062 de INTA y al Departamento de Físicoquímica y Control de Calidad (CNEA), por financiar conjuntamente diferentes aspectos de la investigación. A la Dra. Gabriela Posse y al Dr. Tomás Della Chiesa por asesorar con el protocolo base de muestreo de GEI.

BIBLIOGRAFIA

- Cosentino, VRN; Romaniuk, RI; Lupi, AM; Gómez, FM; Korsakov, HR; Álvarez, CR; Ciarlo, E. 2020. Comparison of field measurement methods of nitrous oxide soil emissions: from the chamber to the vial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44.
- Parkin, TB; RT Venterea. 2010. Chamber-Based Trace Gas Flux Measurements. In: Follet, RF, Ed., *Sampling Protocols*, USDA-ARS, Washington DC, 3:1–3.39.
- Rochette, P. 2011. Towards a standard non-steady-state chamber methodology for measuring soil N₂O emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 141-146.
- Sturm, K; Keller-Lehmann, B; Werner, U; Raj Sharma, K; Grinham, AR; Yuan, Z. 2015. Sampling considerations and assessment of Exetainer usage for measuring dissolved and gaseous methane and nitrous oxide in aquatic systems. *Limnology and Oceanography: Methods*, 13(7), 375-390.
- UNFCCC, 2019. PARTIES, O. N. A. I. UNFCCC RESOURCE GUIDE.





RESPIRACIÓN ECOSISTÉMICA DEL SUELO EN PASTIZALES SEMIÁRIDOS PATAGÓNICOS BAJO CONDICIONES AMBIENTALES CONTRASTANTES

Enriquez, A.S.^{1*}, B.M. García Falabella¹

¹ Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche-IFAB (INTA-CONICET);

*Modesta Victoria 4450, (CP: 8400), Bariloche, Prov. de Río Negro, andreaenri@gmail.com

RESUMEN

Patagonia Norte abarca las provincias de Río Negro y Neuquén, con pastizales áridos y semiáridos que son el principal sustento de la actividad ganadera. Las emisiones de CO₂ asociadas a estos ambientes son un punto de interés para evaluar la contribución al cambio climático. Utilizando un IRGA a campo, se evaluó la dinámica natural de la respiración ecosistémica del suelo (RE-suelo), su relación con variables edáfico-ambientales y la emisión de CO₂ anual entre ambientes contrastantes: mallín húmedo (MH), mallín mésico (MM), zona de transición (T) y estepa (E). Para T, E y MM se diferenció entre parche (P) e interparche (IP) de vegetación. Se encontró una fuerte variación estacional en RE-suelo en los cuatro ambientes, siendo el pico de emisión en marzo (verano tardío: de 8 (IP) a 40 (P) mg C-CO₂ m⁻² h⁻¹) para estepas y en enero (verano temprano: de 202 (MM-IP) a 474 (MH) mg C-CO₂ m⁻² h⁻¹) para mallines. Los resultados se asocian con humedad y temperatura del suelo no limitantes para la actividad biológica, aunque no se verificaron compensaciones por ganancia mediante fotosíntesis, que podrían modificar las curvas. Las emisiones anuales acumuladas (kg C-CO₂ ha⁻¹ año⁻¹), en orden decreciente, fueron: 12711 MH > 11556 MM-P > 8431 MM-IP > 1033 E-P > 868 T-IP > 759 T-P > 719 E-IP. Esto coincide con la relación de la RE-suelo y las variables edáfico-ambientales en cuanto a la humedad (R²=54%), la temperatura (R²=53%) y el contenido de materia orgánica (R²=22%) del suelo, siendo los pastizales más productivos (o los parches vegetados) los que tienden a emitir mayor cantidad de CO₂ a la atmósfera por la respiración de microorganismos y raíces. Los resultados de este trabajo aportan información relevante para estimar el balance de gases de efecto invernadero de los ecosistemas naturales estudiados y de la actividad ganadera extensiva asociada.

Palabras clave: emisión CO₂, estepa-mallines, variables edáfico-ambientales.

INTRODUCCIÓN

La región de Patagonia Norte abarca las provincias de Río Negro y Neuquén, con una gran superficie ocupada por pastizales áridos y semiáridos. La matriz dominante es de estepas, donde los mallines (humedales áridos) pueden desarrollarse en fondos de valle (Enriquez et al., 2015). Sobre dichos ambientes la principal actividad económica que se desarrolla es la ganadería extensiva. En este sentido, la región posee 2.875.193 de existencias ganaderas, de las cuales el 39% corresponde a ovinos y 30% a bovinos (SENASA, 2021). En un contexto de cambio climático y degradación por sobrepastoreo crece el interés por conocer las reservas y los flujos de carbono en los pastizales y monitorear la salud del suelo. Los balances de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) requieren contar con el dato de emisión de CO₂ del ecosistema, mientras que las ganancias netas pueden estimarse mediante índices indirectos como el NDVI (e.g., Irisarri et al., 2012; Chu et al., 2015). La respiración ecosistémica del suelo (RE-suelo) es producida principalmente por raíces y organismos del suelo (hongos micorrízicos y microbianos) y, en menor medida, la oxidación química de los compuestos de carbono. Diversos estudios indican que el ambiente y el tipo de vegetación son determinantes importantes de la tasa de respiración del suelo y, por lo tanto, que los cambios en estos factores tienen el potencial



de modificar las respuestas de los suelos (e.g., Raich y Tufekcioglu, 2000; Peri et al 2015). El objetivo de este trabajo fue describir la dinámica natural de la emisión de CO₂ ecosistémico y sus relaciones con variables edáfico-ambientales, y determinar la emisión de CO₂ anual entre cuatro ambientes contrastantes-contiguos de un pastizal de Patagonia Norte: mallín húmedo (MH), mallín méxico (MM), zona de transición (T) y estepa (E). Tanto en T como en E y MM se diferenció entre parche (P) e interparche (IP) de vegetación. Esperamos que las emisiones: a) sean mayores entre diciembre y febrero, momento con mayor contenido de humedad y temperatura del suelo que permiten la actividad microbiana, b) en orden decreciente, sean MH > MM > T > E, siguiendo un gradiente de humedad y de materia orgánica del suelo (MOS), y c) sean P > IP (idem b).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo Anexo de INTA en Pilcaniyeu (70° 31' 26" W and 41° 02' 15" S), en la región ecológica de Sierras y Mesetas Occidentales (PMA: 260 mm; TMA: 8°C). A lo largo de un gradiente topográfico, se seleccionaron 4 ambientes (Fig. 1): 1) MH, 2) MM (P e IP), 3) T (P e IP) y 4) E graminoso-arbustiva (P e IP). Las mediciones se realizaron a lo largo de un año, entre septiembre 2021 y junio 2022 para estepa (8 mediciones) y entre noviembre y abril 2011-2012 para mallines (4 mediciones). La dinámica natural de las tasas de RE-suelo se evaluó con el uso de un analizador de gases en infrarrojo (del inglés, IRGA). En cada muestreo se registraron datos de temperatura edáfica y ambiente con termómetro de termocupla y humedad edáfica con sensor portátil Hydrosense®. Se realizó una caracterización del suelo de cada sitio, a 0-10 cm de profundidad: pH y conductividad eléctrica (CE) relación suelo-agua 1:2,5 y MOS (Walkley y Black). Todas las metodologías siguieron los protocolos de análisis descritos en Sparks et al. (1996). Para MH la productividad primaria neta aérea anual (PPNA) se evaluó mediante corte de superficie conocida al final de la temporada de crecimiento y secado del material en estufa de 60 °C, hasta peso constante; para estepa mediante aproximación visual.

Para cada ambiente, los datos de RE-suelo se analizaron usando ANOVA con medidas repetidas en el tiempo. Se realizaron pruebas de Tukey cuando los valores F eran significativos (P<0,05). Se realizaron regresiones lineales simples para relacionar variables edáfico-ambientales y la RE-suelo. Software utilizado: Info Stat.

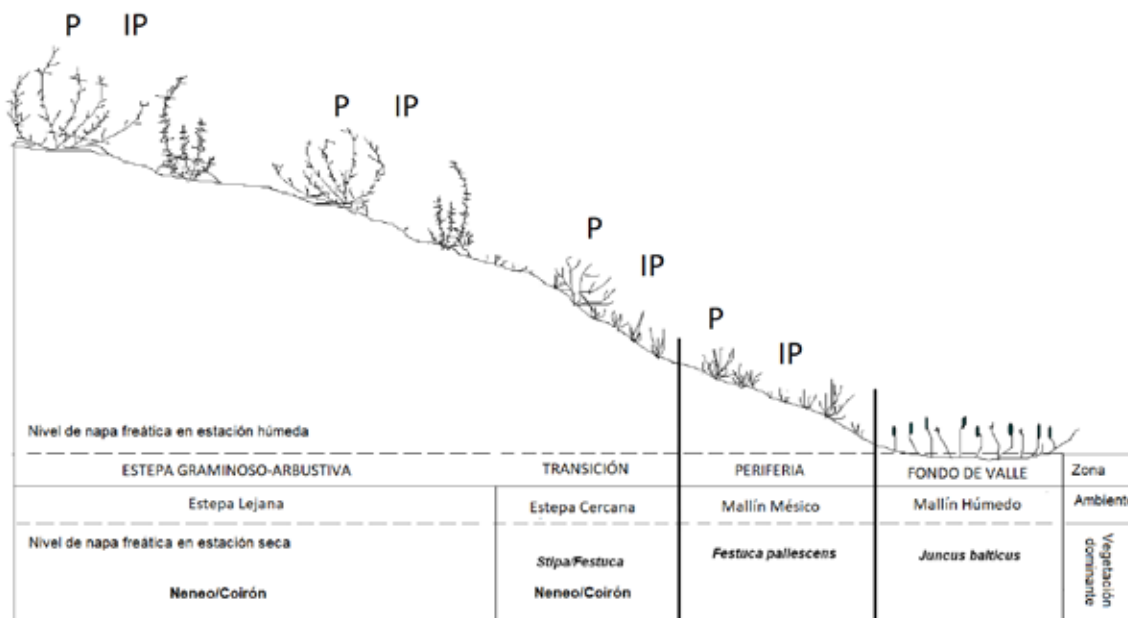


Figura 1. Esquema de corte transversal del pastizal bajo estudio. Se observan los ambientes estudiados, diferenciados a partir de un gradiente topográfico y variables edáfico-ambientales asociadas, como humedad, temperatura y materia orgánica. En fondos de valle, el principal aporte de agua se da desde la napa freática, mientras que en zonas altas lo hace el agua de lluvia. P: parches vegetados; IP: interparches no vegetados o con menor productividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El gradiente de ambientes evaluados varió en cuanto a condiciones edáfico-ambientales (Tabla 1; Fig. 2).

Tabla 1. Caracterización de los ambientes estudiados. Materia orgánica del suelo-MOS (%), pH, conductividad eléctrica-CE ($dS\ m^{-1}$) y densidad aparente-DA ($g\ cm^{-3}$) y producción primaria neta aérea-PPNA ($g\ m^2\ año^{-1}$). Media \pm (error estándar).

Variables\Ambientes	MH ¹	MM-P ¹	T-P	T-IP	E-P	E-IP
MOS	28(0,2)	10(0,1)	1,0(0,1)	0,9(0,1)	1,7(0,1)	1,1(0,1)
pH	7,6(0,4)	8,4(0,2)	7,5(0,1)	7,0(0,2)	6,6(2,7)	7,5(0,4)
CE	0,6(0,1)	0,5(0,0)	0,08(0,01)	0,05(0,01)	0,11(0,03)	0,10(0,09)
DA	0,6(0,2)	1,0(0,2)	1,1(0,0)	1,2(0,0)	1,2(0,1)	1,3(0,2)
PPNA	674(20)	295 (7)	70	10	30	5

¹ Enriquez et al., 2015.

Se encontró: a) una fuerte variación estacional en la RE-suelo en todos los ambientes estudiados, siendo el pico de emisión en marzo (verano tardío: de 8 (IP) a 40 (P) $mg\ C-CO_2\ m^{-2}\ h^{-1}$) para estepas (Fig. 2 D y E) y en enero (verano temprano: de 202 (MM-IP) 474 (MH) $mg\ C-CO_2\ m^{-2}\ h^{-1}$) para mallines (Fig. 2 F). En general, esto coincide con una humedad y temperatura del suelo no limitantes para la actividad biológica, que disminuye en verano debido al estrés hídrico y en invierno debido a las bajas temperaturas. Se tiene en cuenta que no se evaluó la ganancia de CO_2 mediante proceso de fotosíntesis que podría compensar las emisiones encontradas y modificar la dinámica de las curvas esperadas (Enriquez, 2015). b) Las emisiones anuales acumuladas ($kg\ C-CO_2\ ha^{-1}año^{-1}$) calculadas mediante integración de las mediciones puntuales $\times 24\ hs \times 365\ días$, fueron: 12711 MH > 11556 MM-P > 8431 MM-IP > 1033 E-P > 868 T-IP > 759 T-P > 719 E-IP. Las emisiones anuales fueron mayores en zonas con mayor contenido de MO ($R^2=22\%$), humedad ($R^2=54\%$) y temperatura ($R^2=53\%$) edáfica (Tabla 1 y 2), entendiendo que pastizales más productivos tienden a emitir más CO_2 a la atmósfera, asociado no solo a la respiración de microorganismos sino también de raíces. c) El mismo criterio que b se aplica a la emisión de P vegetados e IP no vegetados (Fig. 2 D vs. E; Tabla 2).



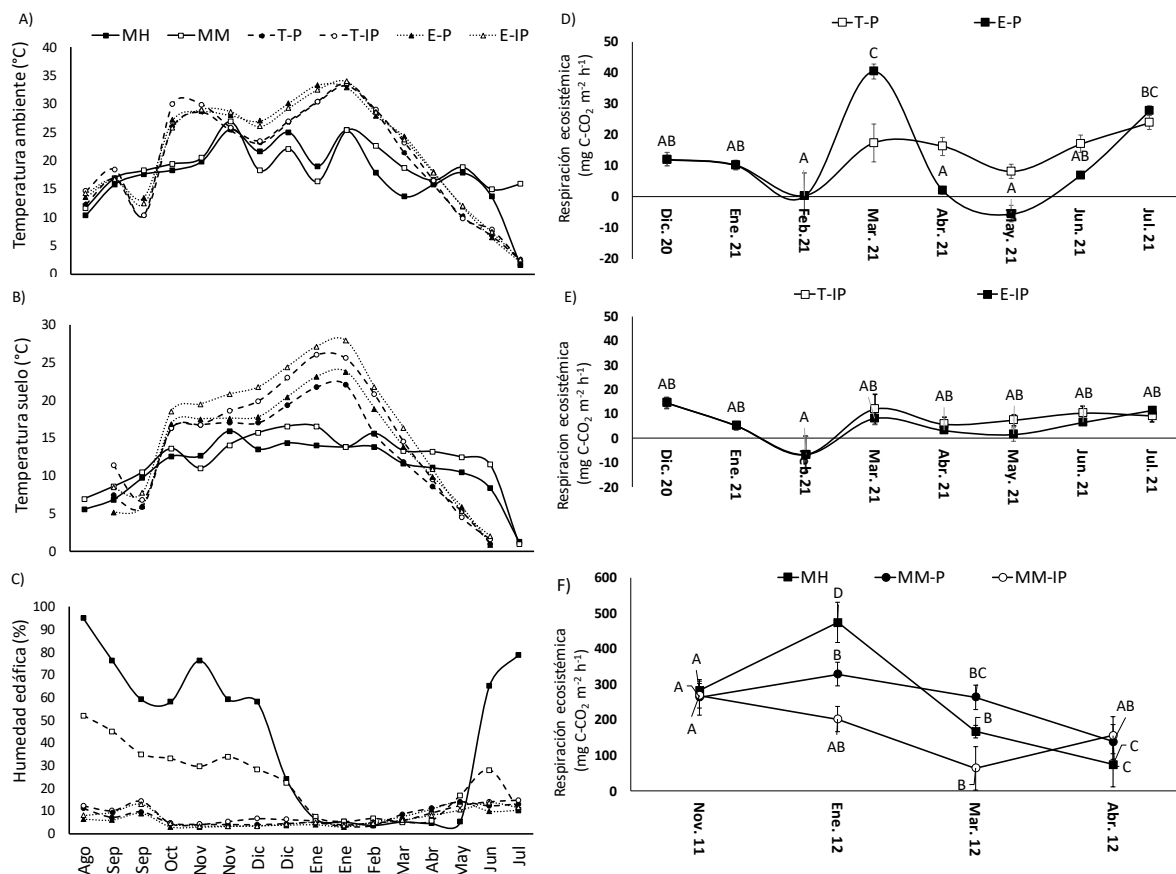


Figura 2. **Bloque izquierdo:** Dinámica temporal de A) temperatura ambiente, B) temperatura del suelo y C) humedad edáfica de los ambientes evaluados: mallín húmedo (MH), mallín mésico (MM), Transición parche (T-P), Transición interparche (T-IP), Estepa parche (E-P) y Estepa interparche (E-IP). **Bloque derecho:** Variación estacional de la respiración ecosistémica del suelo para los ambientes evaluados: D) T-P y E-P, E) T-IP y E-IP y F) MH y MM-P e MM-IP. Para cada ambiente, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre fechas de muestreo. Media \pm (error estándar).

En su conjunto, los ambientes representan un gradiente edáfico-ambiental, cuyas relaciones con la RE-suelo se muestran en la Tabla 2. Analizando el amplio rango de factores edáfico-ambientales, las tasas de RE-suelo correlacionaron positivamente con la temperatura, la humedad y la MO del suelo, independientemente de la temperatura ambiente. Peri et al. (2015) no encontraron dicha correlación para la humedad edáfica probablemente dado a que no contemplaron los humedales semiáridos en el análisis.

Tabla 2. Regresiones lineales simples entre la RE-suelo y las principales variables edáfico-ambientales para los diferentes ambientes estudiados en la estepa de Patagonia Norte: Estepa (E), transición (T), mallín mésico (MM) y mallín húmedo (MH), parche (P) e interparche (IP) vegetado.

Ambientes	E-P e E-IP + T-P e T-IP (estepa, n=34)	MH + MM-P y MM-IP (humedal, n=12)	Combinación (n=46)
Temperatura Ambiente	$y = -0,3442x + 16,546$ $R^2 = 0,09$ $p = 0,1034$	$y = 13,454x - 69,432$ $R^2 = 0,15$ $p = 0,2070$	$y = 0,7924x + 39,791$ $R^2 = 0,02$ $p = 0,3444$
Temperatura Suelo	$y = -0,3486x + 14,189$ $R^2 = 0,07$ $p = 0,1365$	$y = 0,6524x + 168,98$ $R^2 = 0,14$ $p = 0,2324$	$y = 1,5975x + 8,9002$ $R^2 = 0,53$ $p < 0,0001$
Humedad Suelo	$y = 0,4054x + 6,6954$ $R^2 = 0,03$ $p = 0,3683$	$y = 2,4662x + 150,33$ $R^2 = 0,25$ $p = 0,0944$	$y = 5,2394x - 3,3469$ $R^2 = 0,54$ $p < 0,0001$



M a t e r i a orgánica	$y = 3,8563x + 4,0221$ $R^2 = 0,03$ $p = 0,3704$	$y = -7,5282x + 295,11$ $R^2 = 0,19$ $p = 0,1568$	$y = 7,3989x + 27,594$ $R^2 = 0,22$ $p = 0,0021$
---------------------------	--	---	--

Las tasas de emisión puntual y anual encontradas para estepas de Patagonia Norte son 10 veces menores que las halladas por Peri et al. (2015) para pastizales de Patagonia Sur, utilizando el método de las trampas de NaOH a campo. Además de los factores ambientales elementales que puedan generar dichas diferencias en las emisiones, en ensayos de laboratorio contrastando el método de las trampas de NaOH con el IRGA hemos encontrado que el primero subestima en 10 veces las emisiones potenciales en suelos de estepa incubados en condiciones óptimas (Díaz Levante et al., contribución CACS-2022).

CONCLUSIONES

El estudio informa sobre las emisiones de CO₂ desde una variedad de pastizales naturales que pueden hallarse en Patagonia Norte. Caracterizar la magnitud de las emisiones de CO₂ desde ecosistemas naturales bajo manejo ganadero es importante para generar valores de referencia y comprender los factores que las regulan, contribuyendo con el balance de GEI equivalente del país. Los resultados indican que, si bien la temperatura ambiente juega un rol en la dinámica de la vegetación y los ecosistemas, los procesos de RE-suelo de los ambientes estudiados estarían más asociados a la temperatura y humedad edáfica, ambos a su vez relacionados. Por lo tanto, las reducciones en la precipitación proyectadas para la región afectarían a los ciclos biogeoquímicos del C en estos ambientes naturalmente frágiles.

Los valores hallados para estepa fueron significativamente menores que los hallados para mallines y los de parches vegetados menores a los de interparches desnudos, relacionando esto a los niveles de MOS. Como los humedales constituyen el 1% de Patagonia (Navarro et al., 2022) y de Patagonia Norte (Enriquez et al., 2020) por lo tanto, las bajas emisiones anuales ponderadas por superficie para estepas, cobra relevancia. Considerando el bajo número de animales por unidad de superficie, los valores de emisiones basales o naturales podrían tener implicancias sobre la huella neta de C para sistemas ganaderos extensivos. Como los factores ambientales (humedad y temperatura) y edáficos (MOS) tienen efecto sobre estos ciclos biogeoquímicos, el cambio climático o el deterioro por sobreuso de la tierra podrían afectar a estos patrones de manera significativa.

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos PD I058 y PD I062 de INTA y FONTAGRO (ATN/RF-16680-RG), por financiar conjuntamente diferentes aspectos de la investigación. Al laboratorio de Suelos y Aguas de INTA EEA Bariloche, donde se realizaron los análisis de suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- Chu, H., Venevsky, S., Wu, C., Wang, M. 2019. NDVI-based vegetation dynamics and its response to climate changes at Amur-Heilongjiang River Basin from 1982 to 2015. *Science of the Total Environment*, 650, 2051-2062.
- Enriquez, A.S., F. Umaña, J.J. Gaitán. 2020. Estimación y cartografía de las reservas de carbono edáfico en mallines de Patagonia Norte. En: *Actas XXVII Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo*. Corrientes, Argentina. 13 -16 de octubre,
- Enriquez A.S., R. Chimner, P. Diehl, M.V. Cremona, G.L. Bonvissuto. 2015. Grazing intensity levels influence C reservoirs of wet and mesic meadows along a precipitation gradient in Northern Patagonia. *Wetland Ecology and Management*. 23:439-451. DOI:10.1007/s11273-014-9393-z
- Enriquez, A.S. 2015. Dinámica de Carbono y Nitrógeno en suelo y agua de mallines de Patagonia Norte y su relación por la degradación por pastoreo histórico intenso. Universidad Nacional del Comahue. Centro Regional Universitario Bariloche. 309pp
- Irisarri, J. G. N., Oesterheld, M., Paruelo, J. M., Texeira, M. A. 2012. Patterns and controls of above-ground net primary production in meadows of Patagonia. A remote sensing approach. *Journal of Vegetation Science*, 23(1), 114-126.
- Navarro, MF., Navarro, CS., Barrios, R., Calamari, N., Dieta, V., García Martínez, G., Iturralde Elortegui, MR., Kurtz, DB., Michard, NJ., Paredes, P., Saucedo, G., Alday, S., Cianfagna, F., Curcio, M., Enriquez, A., Lopez, A., Miranda, F., Pezzola, A., Umaña, F., Vidal, C.,

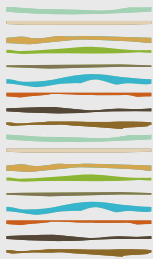


Winschel, C., Albarracín Franco, S., Alvarenga, F., Behr, S., Cremona, M.F., Gavier Pizarro, G., Mosciaro, M.J., Perucca, R., Sepulcri, M.G., Utrilla, V., Zamora Gomez, J.P., Livragui, E., Sica, Y. 2022. Mapa de distribución potencial de humedales en Argentina. Informe técnico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Peri, P. L., Bahamonde, H., Christiansen, R. 2015. Soil respiration in Patagonian semiarid grasslands under contrasting environmental and use conditions. *Journal of Arid Environments*, 119, 1-8.

Raich, J.W., Tufekcioglu, A. 2000. Vegetation and soil respiration: correlations and controls. *Biogeochemistry* 48, 71e90 SENASA, 2021. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anuario_estadistico_crpn_2021_web.pdf





DIVERSIDAD FÚNGICA ASOCIADA DE LA RIZOSFERA DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) EN AGROECOSISTEMAS DE LA SIERRA ECUATORIANA

ERAZO, N.S.¹, MANZANO J. C.¹, ECHEVERRÍA M. M.¹, FREY C.G.¹

¹ Grupo de investigación y desarrollo para el ambiente y cambio climático; Escuela Superior Politécnica De Chimborazo ESPOCH- ECUADOR;

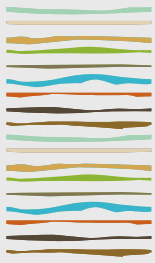
* Panamericana Sur, km 1.5 (EC060155), Prov. de Chimborazo, nerazo@epoch.edu.ec

RESUMEN

En muchos lugares de la Sierra Ecuatoriana, el cultivo de tomate bajo invernadero y en campo abierto es muy importante, debido a que, por ser una hortaliza de consumo masivo, se destinan extensas áreas para su producción. Los suelos, en su mayoría contienen cenizas, de origen volcánico activo del Cuaternario. Sin embargo, debido al uso intensivo del suelo, por el monocultivo y el uso excesivo de plaguicidas de síntesis química en los últimos 15 años, los problemas fitosanitarios no han disminuido, al contrario, algunos se han incrementado. Es conocido que muchos hongos, habitantes del suelo cumplen funciones fundamentales al interactuar con las plantas de manera mutualista, beneficiándolas en muchos aspectos, como el traslado de agua y minerales solubilizados, controlando plagas y fitopatógenos, así como estimulando el desarrollo de las plantas. Se presume que la aplicación sucesiva de agroquímicos afecta la microbiota del suelo, siendo los hongos uno de los grupos importantes; por ello, en este estudio se creyó importante registrar la diversidad fúngica asociada de la rizosfera de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en agroecosistemas de la sierra ecuatoriana. Por lo tanto, en el presente estudio se caracterizó los hongos asociados a la rizosfera de nueve agroecosistemas de tomate (*S. lycopersicum* L.), mediante herramientas moleculares de secuenciación de próxima generación (NGS por sus siglas en inglés). Además, se registró el uso potencial de todas las especies, determinando las relaciones poblacionales de hongos patógenos y benéficos. En todos los agroecosistemas evaluados se determinó una tendencia mayoritaria a la presencia de patógenos vegetales, humanos y animales, los cuales se destacan por encima de las especies benéficas, siendo el agroecosistema Pallatanga (PG03) el agroecosistema más desequilibrado. Además, también se registró la presencia de especies beneficiosas cultivables, con gran potencial de uso en diversos campos, lo cual indica que estos hongos se han adaptado a la presión antrópica, relacionado con las actividades agrícolas típicas de los lugares investigados, por lo que, pueden ser aislados, seleccionados, escalados e incorporados en cantidades adecuadas a los procesos productivos y/o utilizados para inoculaciones aumentativas que permitan regular la presencia de fitopatógenos y/o estimular el desarrollo del cultivo, con ello, se contribuiría a la producción sustentable de este cultivo.

Palabras clave: Rizosfera, fitopatógenos, agroecosistema.





METODOLOGÍA DE BIOMASA MICROBIANA DEL SUELO: RESULTADOS DE ENSAYO COLABORATIVO NACIONAL

Faggioli, V.S.^{1*}, M. Maury¹, C. Lorenzon¹

¹ INTA EEA Marcos Juárez;

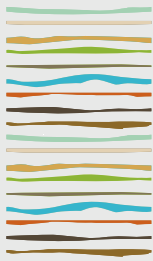
* Ruta 12 km 36 (2580) Marcos Juárez, Provincia de Córdoba. E-mail: faggioli.valeria@inta.gob.ar

RESUMEN

La biomasa microbiana del suelo, una reserva de materia orgánica pequeña y altamente dinámica, juega un papel fundamental en la fertilidad edáfica. Por lo tanto, es importante contar con un método preciso y rápido para medirla. La cantidad de biomasa microbiana en una muestra de suelo dada es inherentemente difícil de medir. Hasta cierto punto, cualquier medición de la biomasa microbiana es relativa: diferentes metodologías o variaciones en las metodologías producirán estimaciones que no son directamente comparables. La mayoría de los investigadores utilizan el método de fumigación con cloroformo y posterior extracción y cuantificación del carbono. Existen reportes que indican la factibilidad de reemplazar el cloroformo por la aplicación de determinada cantidad de potencia por masa de suelo suministrada a través de microondas y, en consecuencia, evitar la exposición de los operarios a un agente de reconocida peligrosidad como es el cloroformo. Como cualquier determinación analítica, la cuantificación de carbono de la biomasa microbiana está sometida a múltiples fuentes de error que afectan en su conjunto la exactitud de los resultados. Los objetivos de este trabajo fueron: 1: Validar los métodos de ensayos de carbono de biomasa microbiana del suelo. 2: Validar la utilización de microondas como sustituto del cloroformo en el ensayo de carbono de biomasa microbiana del suelo. Para ello se envió una muestra de suelo homogénea a 13 laboratorios de INTA y uno privado distribuidos en siete provincias argentinas (Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires, Santa Cruz). La muestra correspondía a 0-10 cm superficiales de un lote característico de la serie Marcos Juárez (Argiudol típico) con 4,15% de materia orgánica y pH 5,5. Los valores medios obtenidos de biomasa microbiana fueron 241 [± 98] y 190 [± 71] $\mu\text{gC g}^{-1}$ suelo, con las metodologías de cloroformo y microondas, respectivamente. Se observó que a pesar de la variación en las metodologías empleadas por los participantes, el 80% de los valores informados mediante ensayo de fumigación con cloroformo se mantuvo dentro del rango de variación de una unidad de desvío estándar. Cinco laboratorios se sumaron a la iniciativa de validación de la técnica de microondas. Esta metodología demostró menor variación intra-laboratorio y menor dispersión en los resultados. El 75% de los valores informados se mantuvieron dentro del rango de la unidad de desviación estándar entre laboratorios. Se observó una correlación significativa entre los valores obtenidos por ambas metodologías (Pearson $p < 0.001$, $r = 0,64$), aunque muy sesgado según el laboratorio. Es decir, en general, aquellos laboratorios que informaron valores más bajos que la media con el ensayo de fumigación con cloroformo mostraron la misma tendencia con el uso del microondas. Estos resultados ponen en evidencia la necesidad de contar con patrones de referencia para poder comparar los resultados, independientemente de la metodología aplicada.

Palabras clave: cloroformo, microondas, precisión





ANÁLISIS DE HONGOS DEL SUELO Y SALUD DE AGROECOSISTEMAS

Faggioli, V.S.^{1*}, M. Maury¹, C. Lorenzon¹, V. Nishinakamasu², M. Muñoz², P. Vera², A. Puebla², M. Farber², N. Paniego², M. Rivarola², S. Bacigaluppo³, F. Salvagiotti³

¹ INTA EEA Marcos Juárez;

² IABIMO INTA Castelar;

³ INTA EEA Oliveros;

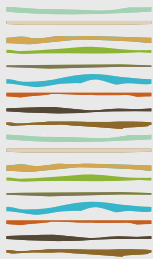
* Ruta 12 km 36 (2580) Marcos Juárez, Provincia de Córdoba. E-mail: faggioli.valeria@inta.gob.ar

RESUMEN

A medida que se pierde la biodiversidad del suelo, se reducen las funciones de los ecosistemas. Teniendo en cuenta que más del 40 % de la diversidad genética se encuentra en el suelo, la conservación de la biodiversidad edáfica es un componente clave para mantener la diversidad genética y para garantizar el funcionamiento óptimo del suelo. Entre los microorganismos del suelo, los hongos tienen un papel ecológico importante como descomponedores, mutualistas o patógenos de plantas y animales. Los hongos impulsan el ciclo del carbono del suelo y median la nutrición mineral de las plantas tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas. En los cultivos de interés agrícola, la mayoría de los estudios se han centrado en especies patógenas, ya que las enfermedades fúngicas son responsables de importantes pérdidas de cosechas en todo el mundo. En la actualidad, el avance de las técnicas de secuenciación masiva de alto rendimiento han permitido el estudio de las comunidades fúngicas del suelo de una manera simple y generando un gran volumen de información. En este trabajo evaluamos la comunidad fúngica de un experimento de larga duración de la EEA Marcos Juárez (Córdoba) y uno de la EEA Oliveros (Santa Fe). En el primero, se estudió el impacto del sistema de labranza y fertilización luego de 45 años de duración. En el segundo, se evaluó el efecto de diferentes estrategias de fertilización en la distribución vertical (cm desde la superficie) de la comunidad fúngica luego de 13 años de duración. Se realizó secuenciación de la región ITS2 en el laboratorio de Biotecnología de INTA Castelar. El ensayo de secuenciación mostró una alta cobertura taxonómica del reino hongos. En ambos experimentos observamos un gran predominio de especies saprófitas y descomponedores, sin embargo, en sistemas de alta intensificación agrícola se registraron disminuciones significativas de Basidiomycota y de filos menores tales como Rozellomycota y Zoopagomycota. El factor que mayor incidencia tuvo en la composición de la comunidad fúngica fue el cultivo antecesor, mientras que el sistema de labranza y la fertilización permanecieron como efectos secundarios. El pH y el contenido de materia orgánica del suelo fueron las propiedades que más afectaron la composición de la comunidad. Se identificaron especies clave y entre ellas se registraron miembros de Glomeromycota (hongos formadores de micorrizas arbusculares) en los tratamientos con alta participación de leguminosas en la rotación. Estos resultados demuestran la sensibilidad de los hongos del suelo a las prácticas agrícolas y la efectividad de las metodologías de secuenciación masiva para detectarlo. Esperamos que a partir de nuestro trabajo los hongos comiencen a ser considerados al momento de diseñar prácticas de manejo tendientes a preservar la salud del agroecosistema.

Palabras clave: metagenómica, fertilización, labranzas





DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA Y CULTIVOS DE SERVICIO

Faggioli V.S.^{1*}, M. Maury¹, J. Ortiz¹, F. Salvagiotti², S. Bacigaluppo², V. Gudelj¹

¹ INTA EEA Marcos Juárez,

² INTA EEA Oliveros;

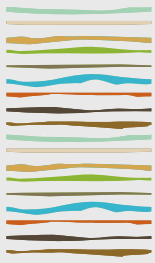
Ruta 12 km 36 (2580) Marcos Juárez, Provincia de Córdoba. E-mail: faggioli.valeria@inta.gob.ar

RESUMEN

Las comunidades microbianas del suelo son vitales para la regulación del ciclo de nutrientes, promoción de crecimiento vegetal y mantenimiento de la estructura del suelo. A su vez, prácticas agronómicas tales como la fertilización y la rotación de cultivos alteran las condiciones físicas y propiedades químicas y, en consecuencia, impactan sobre los microbiomas del suelo. Comprender los efectos a largo plazo de las prácticas agronómicas en los microbiomas del suelo es esencial para promover la implementación de estrategias de manejo capaces de preservar y las comunidades microbianas en pos de la sustentabilidad y resiliencia del agroecosistema. Aunque recientes meta-análisis sugieren que prolongar la permanencia de raíces vivas en los agro-ecosistemas permite mejorar tanto los rendimientos de granos como el funcionamiento del microbioma del suelo, la gran mayoría de los estudios provienen de sistemas que distan enormemente de las condiciones de producción predominantes de nuestro país. Hasta el momento, en Argentina, muy pocos estudios han evaluado el impacto a largo plazo de la inclusión de cultivos de servicio en las secuencias de cultivo y aún no está claro si la intensificación agrícola influye negativamente en las comunidades microbianas del suelo, en particular de hongos y bacterias. En este trabajo investigamos en qué medida los cultivos de servicio influyeron en la estructura y complejidad del microbioma del suelo ante diferentes situaciones de intensificación agrícola (i.e. rotaciones de cultivos y estrategias de fertilización). Se trabajó con muestras de experimentos de larga duración ubicados en EEA Oliveros (Santa Fe) y EEA Marcos Juárez (Córdoba) iniciados en 2006. Se realizó secuenciación de alto rendimiento de las regiones 16S ARNr (bacterias) e ITS (hongos). En general, se observó una gran diversidad de especies microbianas. Las comunidades de bacterias fueron más sensibles a los cambios de fertilidad en las rotaciones sin cultivos de servicio. Los hongos, en cambio, no respondieron a la fertilización pero se observó un gran cambio en la composición de las comunidades en comparación con las situaciones de barbecho. Se identificaron especies clave (*keystone species*) tanto de hongos como de bacterias. Especies pertenecientes al grupo funcional de saprofitos se destacaron dentro de la comunidad fúngica, mientras que entre las bacterias, se hallaron géneros del ciclo del nitrógeno. También encontramos una fuerte asociación negativa entre la intensificación agrícola y la conectividad de la red de hongos y bacterias en situaciones de monocultivo con fertilización. En estas situaciones, la ocurrencia de especies clave se explicó por los niveles de materia orgánica, pH y fósforo del suelo. En este trabajo aportamos información básica para vislumbrar la complejidad del microbioma del suelo. Se concluye que los cultivos de servicio impactaron en aspectos clave de la diversidad microbiana y atenuaron los efectos de la fertilización en las comunidades bacterianas.

Palabras clave: fertilización, intensificación, bacterias, hongos





INOCULACIÓN DE LA SEMILLA CON *TRICHODERMA*, AFECTA LA DIVERSIDAD Y POTENCIALIDAD DE HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES EN MAÍZ?

Fernandez-Gnecco, Gabriela A.^{1,2}; Fernández, Macarena³; Caló, Gonzalo¹; Consolo, V. Fabiana¹; Barberi, Pablo A.⁴; Covacevich, Fernanda^{1*}

¹Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología (INBIOTEC-CONICET) y FIBA, Mar del Plata, Argentina;

²Julius Kühn Institute (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Plant Protection in Horticulture and Urban Green, Braunschweig, Alemania;

³Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN-UNMdP), Mar del Plata, Argentina;

⁴Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible (IPADS; CONICET-INTA), Balcarce, Argentina;

* Viejtes 3103, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, covacevich.fernanda@inta.gob.ar

RESUMEN

Los hongos micorrícicos arbusculares (AMF, por sus siglas en inglés) participan en la formación de micorrizas con las raíces de las plantas, el transporte de nutrientes hacia las mismas, interacciones microbianas como biocontrol, secuestro de carbono y estructura del suelo. El hongo *Trichoderma* (T), es conocido también por su asociación con las raíces y promoción del crecimiento (PC) vegetal, en la solubilización de fósforo (P) y actividad antifúngica, por lo que en ocasiones podrían afectar a los AMF. Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la inoculación combinada de AMF con T, ambos nativos de regímenes de cultivo de soja (Monocultivo vs. Rotación; M y R, respectivamente) de larga duración establecidos en Balcarce, Argentina, sobre la PC y la estructura de las comunidades de AMF en el suelo. Plantas de maíz fueron inoculadas de manera simple y combinada con AMF y T provenientes de M y R y crecidas en cámara de crecimiento durante 55 días. La inoculación simple de AMF proveniente de M y combinada con T (particularmente provenientes de M), favoreció el crecimiento aéreo y radical, respectivamente. La intensidad de la colonización micorrícica (CI) en raíces alcanzó sus niveles máximos con la inoculación simple de AMF, mientras que se vio reducida cuando fue combinada con T. El patrón molecular generado con la técnica de Polimorfismo de Conformación de Cadena Simple (SSCP) reveló que tanto la inoculación simple de AMF como combinada con T indujeron cambios en la comunidad de AMF glomoides nativos del suelo, lo que podría ser beneficioso para el crecimiento vegetal y calidad del suelo. Estos resultados sugieren que las comunidades de AMF en M y R difieren en abundancia y composición estructural, y pueden también ser afectadas por T, teniendo esto un impacto en el crecimiento del maíz y, seguramente, sobre la calidad del suelo.

Palabras clave: promoción de crecimiento, SSCP, calidad de suelo

INTRODUCCION

La agricultura convencional se caracteriza por el uso de fertilizantes minerales que maximizan los rendimientos de los cultivos (Robertson y Vitousek, 2009), aunque esto impacta en la diversidad de microorganismos que participan en la calidad del mismo y su funcionamiento (Fierer 2017). Los hongos micorrícicos arbusculares, (AMF, por sus siglas en inglés; Filo Glomeromycota) son conocidos por su incremento en la absorción de agua y nutrientes (especialmente P) por parte de las plantas, inmovilización de contaminantes y reasignación de carbono, entre otros procesos (Smith y Smith, 2011). Por su parte, los hongos *Trichoderma* (T, Filo Ascomycota) participan en la solubilidad y absorción de P, como así también en el control de patógenos vegetales (Poveda *et al.*, 2021). Debido a esto, la inoculación combinada de AMF-T es estudiada frecuentemente ya que sus interacciones sinérgicas pueden favorecer el acceso del P absorbido por los AMF a las



raíces, mejorar la composición nutricional y productividad de las plantas (Kumar *et al.*, 2018). Sin embargo, la inoculación combinada AMF-T no se usa de manera generalizada debido a que aún existe poca comprensión sobre la interacción entre estos dos grupos microbianos y los beneficios que puede generar en términos de promoción del crecimiento vegetal.

Estudios previos realizados en un ensayo de larga duración (ELD) ubicado en el sudeste de la Pampa Húmeda argentina mostraron que, manejos sustentables del cultivo de soja (*Glycine max* L. Merr) tales como su cultivo en rotación (R) con maíz (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.), presentan dinámicas microbianas estacionales ausentes en el suelo cuando es cultivado como monocultivo (M; Fernández-Gnecco *et al.*, 2021). Los objetivos de este trabajo fueron evaluar para plantas de maíz: i) si la procedencia (M y R) de aislamientos de AMF y T impactan de manera diferente en la promoción de crecimiento, ii) si la inoculación combinada de AMF con T resulta en mayor crecimiento y ii) si la presencia de T impacta en la estructura de las comunidades del AMF asociados a raíces de maíz o su actividad/abundancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de AMF y T utilizados como inóculo y establecimiento del experimento

Tanto AMF como T fueron aislados de suelos provenientes de un ELD establecido en 2006 en Balcarce (37°45 S y 58°18 W; EEA INTA-Balcarce, Buenos Aires), de dos regímenes de cultivo: soja bajo Monocultivo (M) vs. soja en Rotación (R) con maíz y trigo. El manejo agrícola del ensayo y características del suelo fueron previamente reportados en Fernández-Gnecco *et al.* (2021). Los inóculos de AMF estuvieron conformados por esporas aisladas (Sieverding, 1991) de cultivos trampa (Covacevich *et al.*, 2021) cuyos propágulos fueron multiplicados durante 6 meses, así como de muestras de suelo frescas de campo recolectadas en primavera, un mes antes del establecimiento del experimento en macetas. Para la selección de la cepa de T a partir de suelo en barbecho muestreado en invierno 2016, (Fernández-Gnecco *et al.*, 2021) se aislaron al azar 15 colonias por régimen de cultivo desde placas de recuento (dilución 10^{-2}) con medio TSM (*Trichoderma* Selective Medium; Elad y Chet, 1983). Se obtuvieron cultivos puros transfiriendo colonias individuales en medio PDA (agar papa dextrosa) y donde permanecieron durante 14 días a 28 °C. Posteriormente, se seleccionó una cepa de T al azar por régimen de cultivo para el ensayo de inoculación.

Macetas de 1 L fueron llenadas con un sustrato compuesto de suelo no estéril (Fertinatur, Mar del Plata, Argentina) y perlita lavada y autoclavada en proporción 2:1 V:V. Al momento del estudio, el sustrato presentó un pH de 6,3 (1:25 suelo:agua), 4,5 % de materia orgánica, 96,5 mg kg⁻¹ de NO₃⁻² y 69,1 mg kg⁻¹ de P disponible; de acuerdo con los protocolos estandarizados del laboratorio de suelos de la EEA Balcarce-INTA. Se establecieron diez tratamientos de inoculación simple y combinada con AMF y T aislados de los regímenes M y R, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, según se detalla: 1) Ni (no inoculado), 2) M.T, 3) R.T, 4) M.AMF, 5) R.AMF, 6) M.AMF+M.T, 7) R.AMF+M.T, 8) M.AMF+R.T, 9) R.AMF+R.T y 10) M.AMF+R.AMF+M.T+R.T.

Semillas de maíz certificadas (cv. "DK670rVT3P RIB", Monsanto Argentina S.R.L.) se lavaron con hipoclorito de sodio al 0,1 % y posteriormente fueron inoculadas superficialmente con T mediante agitación (30 min) en una suspensión (90 mL de agar al 0,25 %) acuosa con T (10^5 conidios mL⁻¹), de acuerdo al tratamiento correspondiente. Para los tratamientos Ni y AMF, la suspensión de T fue reemplazada por agua estéril. Posteriormente, las semillas se secaron en papel absorbente estéril durante 24 h a temperatura ambiente y se germinaron durante 3 días. Plántulas de morfología similar fueron trasplantadas a las macetas y las raíces recibieron 40 esporas de AMF/planta (entre las que se pudieron detectar los géneros *Glomus*, *Funneliformis*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora*). Catorce días después del trasplante se realizó una segunda inoculación de AMF. Los tratamientos Ni y T recibieron solo agua. Las plantas se cultivaron en una cámara de crecimiento (12 h de luz/12 h de oscuridad) a 25 °C y se regaron cada 72 h.

Muestreo de material vegetal y suelo asociado a las raíces

A los 55 días después del trasplante, se realizó la estimación de área foliar con el software ImageJ (Rasband 1997). Así mismo, se determinó el peso fresco/seco de la parte aérea y radical (SFW y RFW, respectivamente). La respuesta a la inoculación (IR) simple y combinada se calculó para SFW y RFW, según Cavagnaro



et al. (2003). Para la recolección del suelo asociado a las raíces, se tomó una muestra de la fracción de suelo adherida libremente al sistema de raíces que se recogió luego de sacudirlas vigorosamente. Posteriormente, las muestras de suelo se conservaron a -20 °C hasta la extracción de DNA.

Colonización de raíces por AMF y diversidad genética de AMF en el suelo

Las raíces de maíz fueron lavadas con agua corriente y teñidas con azul tripán (0,05%) en lactoglicerol (sin fenol), de acuerdo al procedimiento de Phillips y Hayman (1970). La determinación de la colonización micorrícica en raíces por AMF fue realizada a través de observación microscópica (40x) y cuantificada como intensidad de colonización (colonization intensity; CI) y frecuencia de arbusculos (arbuscule frequency; AF) (Trouvelot et al., 1986).

Para evaluar si la inoculación simple o combinada de AMF con T produjo cambios en la estructura de las comunidades de la familia *Glomeraceae* (familia mayoritaria dentro del filo Glomeromycota, anteriormente conocida por el género *Glomus* y actualmente reclasificada en los géneros *Glomus*, *Funneliformis* y *Rhizophagus*) presente en los sustratos de las macetas, se utilizó la técnica PCR-SSCP (Single Strand Conformation Polimorfism). Para esto, se extrajo el DNA del suelo asociado a las raíces utilizando el PowerSoil® DNA Isolation Kit. Posteriormente, se amplificó mediante PCR anidada la región ribosomal LSUrDNA como se encuentra descrito en Thougnon Islas et al. (2016). Para la técnica SSCP, los amplicones fueron corridos electroforéticamente en un gel vertical con una matriz de poliacrilamida al 8% (Kjøller & Rosendahl, 2012). Posteriormente, el gel se tiñó con plata (Benbouza et al., 2006) y el perfil de bandas obtenido fue registrado fotográficamente.

Análisis de datos

El origen del inóculo (M vs R) y el tipo de inoculación (simple vs combinada) fueron tratados como efectos fijos, mientras que el bloque fue considerado un efecto al azar. Los resultados fueron analizados por un ANOVA de dos vías de un modelo lineal mixto generalizado. Cuando los factores fueron significativos ($p < 0.05$), las medias fueron comparadas mediante la prueba post-hoc HSD de Tukey ($p < 0.05$). Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa R-Studio versión 3.6.1 (<https://www.r-project.org/>). En base al perfil molecular obtenido en el gel a través de la técnica SSCP, se construyó un dendrograma de similitud con el método de grupo de pares no ponderados con media aritmética (UPGMA), basado en los índices de correlación de Pearson (programa GelCompar II, versión 6.6).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Promoción del crecimiento vegetal del maíz inducida por la inoculación

La inoculación de maíz ocasionó incrementos en SDW y RDW con respecto las plantas Ni en todos los casos. La biomasa aérea (SDW e IR-SDW; Figura 1a) se vio afectada sólo por el tipo de inoculación ($p < 0.01$), donde todas las combinaciones presentaron mayores valores de SDW e IR-SDW respecto al tratamiento Ni. La inoculación simple R.AMF presentó la mayor IR-SDW, seguida por la inoculación combinada R.AMF+R.T. El área foliar, no fue afectada por el origen del inóculo ni el tipo de inoculación (datos no mostrados). La biomasa radical (RDW e IR-RDW; Figura 1b) se vio afectada tanto por el origen del inóculo como por el tipo de inoculación (ambos $p < 0.01$). El mayor valor de IR-RDW se observó en la inoculación combinada M.AMF+M.T. Estos resultados confirman la capacidad de promoción del crecimiento vegetal en maíz por cepas nativas de AMF del sudeste Bonaerense, como fue previamente reportado por Astiz Imaz et al. (2014). Coincidente con nuestros resultados, para el ELD bajo estudio Commatteo et al. (2019) también reportaron incrementos en IR-SDW debido a inoculaciones simples de AMF y T nativos. Sin embargo, nuestros resultados reportan por primera vez que la inoculación simple de AMF proveniente de R pareciera potenciar el crecimiento aéreo, mientras que la inoculación combinada de AMF con T, ambos provenientes de M, seguida por la inoculación simple con AMF pareciera potenciar el desarrollo radical.



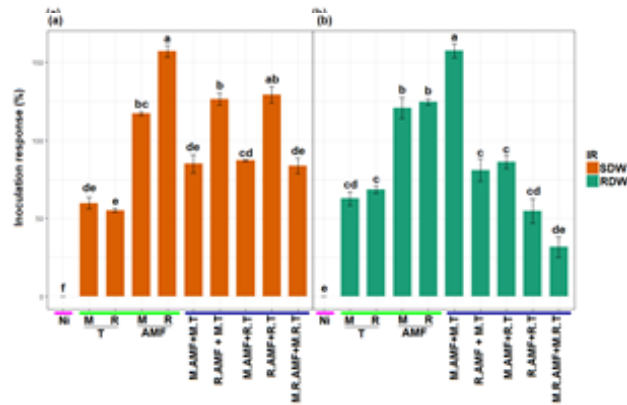


Figura 1 Respuesta a la inoculación (IR) con hongos micorrícicos arbusculares (AMF) y Trichoderma (T) nativos de cultivos de soja bajo los regímenes Monocultivo (M) y rotación (R) sobre: (a) el peso seco aéreo y (b) radical (SDW y RDW, respectivamente) de plantas de maíz. Ni: No inoculado. Las barras muestran las medias por tratamiento (n=4) ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA- test de Tukey, p<0.05).

Efecto de la inoculación con Trichoderma sobre la colonización radical y estructura de las comunidades de AMF

La inoculación simple y combinada afectó diferencialmente la colonización de raíces por AMF (CI y AF, ambos $p < 0.01$) en presencia de una comunidad nativa de AMF presente en el sustrato (Figura 2). La inoculación simple con M.AMF resultó en los mayores valores de CI y AF (Figura 2a y b, respectivamente); sin embargo, se detectaron disminuciones tanto en CI como AF cuando AMF se inoculó en combinación con T. Estos resultados sugieren una depresión de la capacidad infectiva de los AMF provenientes de los regímenes M ante la coexistencia con T de ambos regímenes de cultivo.

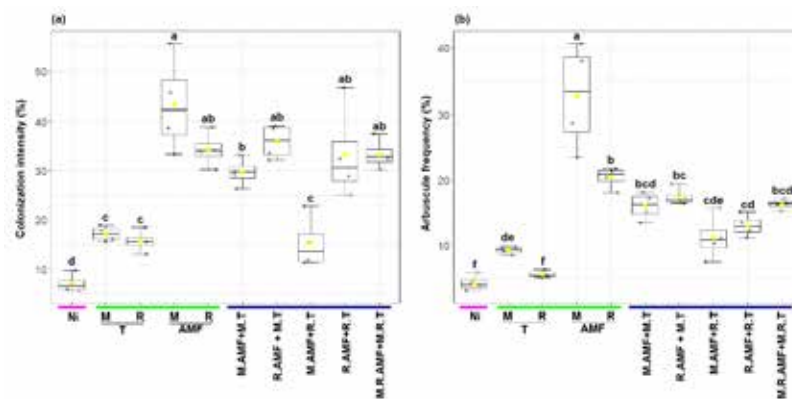


Figura 2 (a) Intensidad de la colonización y (b) frecuencia de arbusculos de hongos micorrícicos arbusculares (AMF) en raíces de maíz inoculadas con AMF de manera simple o combinada con Trichoderma (T) nativos de cultivos de soja bajo los regímenes Monocultivo (M) y Rotación (R). Ni: No inoculado, Los diagramas de caja muestran la media (punto amarillo), mín./máx. (bigotes) y repeticiones por muestra (n = 4; puntos negros). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA- test de Tukey, p<0.05).

El perfil molecular de amplicones generado por la técnica PCR-SSCP (Figura 3a) permitió detectar cambios debido a la inoculación con AMF y T en la estructura de la comunidad AMF de la familia *Glomeraceae* nativa del sustrato. El análisis de los perfiles moleculares reveló que la composición de la comunidad de AMF de los diferentes tratamientos compartió aproximadamente un 40 % de similitud con el tratamiento Ni (Figura 3b), lo que podría referirse a la comunidad nativa presente en el sustrato utilizado, ya que no se encontraba estéril. Asimismo, mayor número de bandas y 70% de similitud en el patrón molecular se observó en los tratamientos con inoculación combinada de AMF proveniente de M con T. Por el contrario, los tratamientos con inoculación combinada de AMF proveniente de R presentaron menor número de bandas y 65% de similitud con los tratamientos de inoculación simple con T. El mayor número de bandas, particularmente en las condiciones M, sugeriría mejor cooperación entre los AMF inoculados y las comunidades presentes en el sustrato. Podría



sugerirse que esto podría haber resultado en favorecimiento del crecimiento radical (IR-RDW) observado, lo que podría sugerir un mejor suministro de nutrientes para las plantas (Cozzolino *et al.*, 2021).

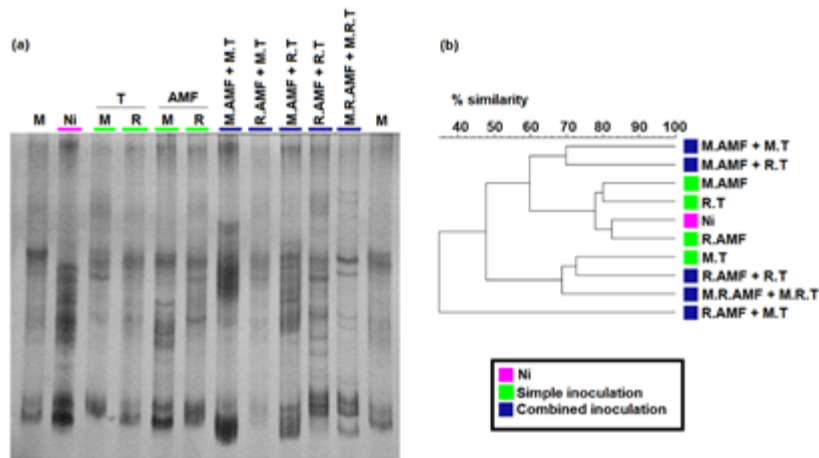


Figura 3 (a) Perfil molecular generado por la técnica SSCP de fragmentos de parte de la región ribosomal 28S rRNA del DNA genómico total de comunidades de la familia Glomeraceae del suelo asociado a raíces de maíz bajo inoculación simple y combinada con AMF. (b) Dendrograma de similitud basado en los índices de correlación de Pearson y análisis de conglomerados (método UPGMA). Las diferencias entre los perfiles moleculares se indican en el porcentaje de similitud. Abreviaturas: Ni: No inoculado, M: Monocultivo, R: Rotación, AMF: hongos micorrízicos arbusculares, T: *Trichoderma*.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que, mientras que la inoculación simple AMF favoreció el crecimiento aéreo, se evidenciaron efectos sinérgicos por la inoculación combinada AMF-T que favorecieron el crecimiento radical. La procedencia de los inóculos no presentó un patrón claro de efecto sobre la promoción de crecimiento o en la estructura de las comunidades de AMF. El mayor crecimiento radical por la inoculación combinada podría tener implicancias asociadas a la solubilización de P (por T) y el transporte (por AMF) hacia las plantas, con consecuencias sobre el crecimiento, que podrían evidenciarse a más largo plazo que el de este estudio.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación forma parte de la tesis de GFG en cumplimiento parcial de los requisitos para obtener el título de Doctor (Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP, Argentina). Este trabajo fue financiado con fondos otorgados por CONICET, Argentina.

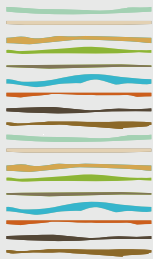
BIBLIOGRAFIA

- Astiz Imaz, P., Barbieri, P., Echeverría, H., Sainz Rozas, H. & Covacevich, F. 2014. Indigenous mycorrhizal fungi from Argentina increase Zn nutrition of maize modulated by Zn fertilization. *Soil Environ.* 33, 23–32.
- Benbouza, H., Jacquemin, J., Baudoin, J. & Mergeai, G. 2006. Optimization of a reliable, fast, cheap and sensitive silver staining method to detect SSR markers in polyacrylamide Gels. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement* 10: 77-81.
- Cavagnaro, T., Sokolow, S. & Jackson, L. 2007. Mycorrhizal effects on growth and nutrition of tomato under elevated atmospheric carbon dioxide. *Funct. Plant Biol.* 34: 730-736.
- Commatteo, J., Consolo, V., Barbieri, P. & Covacevich, F. 2019. Indigenous arbuscular mycorrhiza and *Trichoderma* from systems with soybean predominance can improve tomato growth. *Soil Environ.* 38:151–61.
- Cozzolino, V., Monda, H., Savy, D., Di Meo, V. & Smalla, K. 2021. Cooperation among phosphate-solubilizing bacteria, humic acids and arbuscular mycorrhizal fungi induces soil microbiome shifts and enhances plant nutrient uptake. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 8, 31.
- Covacevich, F., Hernández Guijarro, K., Crespo, E., Lumini, E., Rivero Mega, M. & Lugo, M. 2021. Arbuscular mycorrhizal fungi from argentinean highland puna soils unveiled by propagule multiplication. *Plants.* 10, 1803.



- Elad, Y. & Chet, I. 1983. Improved selective media for isolation of *Trichoderma* spp. or *Fusarium* spp. *Phytoparasitica*. 11, 55–58.
- Fernandez-Gnecco, G., Smalla, K., Maccario, L., Sørensen, S., Barbieri, P., Consolo, V., Covacevich, F. & Babin, D. 2021. Microbial community analysis of soils under different soybean cropping regimes in the Argentinean south-eastern Humid Pampas. *FEMS Microbiol Ecol*. 97:fiab007.
- Fierer N. 2017. Embracing the unknown: Disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nat Rev Microbiol*. 15:579–90.
- Kjøller, R. & S. Rosendahl. 2000. Detection of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomales*) in roots by nested PCR and SSCP (Single Stranded Conformation Polymorphism). *Plant and Soil*. 226: 189-196.
- Kumar, V., Anal, A. & Nath, V. 2018. Growth response of litchi to arbuscular mycorrhizal co-inoculation with *Trichoderma viride*, *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus megatarium*. *Indian Phytopathol*. 71, 65–74.
- Phillips, J. & D. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55: 158-161.
- Poveda, J., Eugui, D., Abril-Urías, P. & Velasco, P. 2021. Endophytic fungi as direct plant growth promoters for sustainable agricultural production. *Symbiosis*. 85, 1–19
- Rasband W. 1997. ImageJ. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, pp. 1997-2014.
- Robertson, G. & Vitousek, P. 2009. Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. *Annu Rev Environ Resour*. 34: 97–125.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular arbuscular mycorrhizal management in tropical agroecosystems. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) tropics, Federal Republic of Germany*. 371 p.
- Smith, F. & Smith, F. 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 2011, 62, 227–250.
- Thoughnon Islas, A., Hernandez Guijarro, K., Eyherabide, M., Sainz Rozas, H., Echeverría, H. & Covacevich, F. 2016. Can soil properties and agricultural land use affect arbuscular mycorrhizal fungal communities indigenous from the Argentinean Pampas soils? *Appl. Soil Ecol*. 101, 47–56.
- Trouvelot, A., Kough, J. & Gianinazzi-Pearson, V. 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S. (Eds.), *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*. 217 – 221.





CARACTERIZACION DE ROTACIONES MAIZ-SOJA EN SIEMBRA DIRECTA CON MANEJO TRADICIONAL E INTENSIFICADO MEDIANTE ANALISIS DE LIPIDOS

Ferrari A. E.*, J. Covelli, L. A. Gabbarini, L. G. Wall

Universidad Nacional de Quilmes, Laboratorio de Biología del Suelo,
R. Sáenz Peña 352 (B1876BXD) Bernal, Provincia de Buenos Aires.

*Pilar 180 (1846) Adrogué, Provincia de Buenos Aires; alejandroferrari@gmail.com

RESUMEN

La siembra directa ha sido masivamente adoptada por los productores agrícolas de la región pampeana, en algunos casos en conjunto con los principios de agricultura certificada o de conservación, basada en la diversificación e intensificación de las rotaciones de cultivos. En este trabajo se comparó un manejo de rotación típica trigo/soja-maíz-soja, con barbecho invernal, con el manejo intensificado incluyendo cultivos de invierno, tanto leguminosas como gramíneas, y cultivos de servicio. Los distintos manejos se compraron mediante el análisis de lípidos totales del suelo mediante la técnica WSFA (*whole soil fatty acids*). Ocho años después del establecimiento de los tratamientos, el manejo intensificado mejoró la biología del suelo y el rendimiento de los cultivos. La técnica WSFA fue muy sensible para distinguir entre manejos agrícolas sutilmente diferentes, separando la rotación típica de la intensificada. La conversión de pasturas a rotaciones intensificadas también mejoró los indicadores lipídicos pero solo después de tres años, demostrando que el suelo posee una memoria en el registro de sus lípidos de los eventos de los últimos tres años. Cuando los lípidos se clasificaron en grupos funcionales, se encontró que los ácidos grasos mono-insaturados fueron los biomarcadores más efectivos, mostrando una potencia de discriminación similar a la del patrón completo de lípidos. Entre los mono-insaturados, el ácido graso 18:1w5c, de origen bacteriano o fúngico, fue el de mayor potencial para discriminar los tratamientos en los 3 sitios analizados.

Palabras clave: agricultura de conservación, bioindicadores, ácidos grasos

INTRODUCCIÓN

La rotación típica trigo/soja-maíz-soja utilizada en la región pampeana consiste en un sistema de siembra directa con rotación de relativa baja intensidad, con barbecho invernal sostenida por el uso de insumos químicos. En la búsqueda de sistemas de producción más sustentables, estos esquemas de producción están siendo reemplazadas por manejos agrícolas conservativos, con alta diversidad de cultivos y rotaciones intensas, también bajo siembra directa, con cultivos de cobertura invernal y manejo racional de insumos. Estas técnicas conservativas mejoran las propiedades físicas del suelo, reduciendo los efectos de erosión, y mejorando la estructura, la infiltración y la eficiencia del uso de agua (Derpsch et al., 2010). Las propiedades biológicas y bioquímicas también mejoran notablemente, en especial las comunidades microbianas del suelo, que mejoran el reciclado de nutrientes y la actividad biológica, también reduciendo los costos y el consumo de energía (Pittelkow et al., 2015; Rodríguez et al., 2020; Frene et al., 2022). El análisis de lípidos constituye una potente herramienta para caracterizar suelos con distinto manejo agrícola, y permite la caracterización de las comunidades microbianas por un método independiente del cultivo de los microorganismos (Ferrari et al., 2015). El método de análisis de lípidos más adecuado para caracterizar suelos agrícolas es la técnica WSFA (*whole soil fatty acids*), que fue inicialmente desarrollado para identificación de cultivos microbianos puros (Sasser 1990) pero luego adaptado para el análisis de muestras de suelo (Ferrari et al., 2018). La técnica



ca WSFA extrae del suelo ácidos grasos tanto de lípidos celulares (fosfolípidos y lípidos neutros) como de lípidos de origen microbiano y vegetal que forman parte de la materia orgánica y están retenidos en el suelo en formas estables, en las fracciones minerales (Villarino et al., 2021; Liang et al., 2020; Whalen et al., 2022; Sokol et al., 2022). Los objetivos de este trabajo fueron: 1) Comparar manejos con diferente intensificación agrícola en siembra directa, que difieren en la diversidad de las rotaciones y en la cobertura del suelo a lo largo de la rotación; 2) Estudiar los efectos de corto termino de convertir pasturas en sistemas agrícolas de alta intensificación; 3) Buscar indicadores bioquímicos específicos basados en lípidos que permitan caracterizar los distintos tratamientos agrícolas

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo cubre parte de un proyecto denominado Chacra Pergamino, realizado por productores de la Regional Pergamino-Colón de Aapresid, que comenzó en 2011 y en este caso incluye los muestreos de los distintos lotes a partir de 2016. Detalles del proyecto pueden verse en Rodríguez et al 2020. Un lote grande con historia de rotación típica (trigo/soja-maiz-soja) fue dividido en 4 lotes donde se aplicaron diferentes intensificaciones en tres establecimientos productivos de la región pampeana: La Matilde, Las Matreras y San Nicolás. Se tomaron muestras de suelo del horizonte 0-5 cm (por quintuplicado) en 2016, 2018 y 2019; en el campo de *La Matilde* se incluyo un muestreo adicional en 2017. A partir de 2016, los tratamientos fueron los siguientes: 1) Rotación típica (TIP): manejo histórico de rotación trigo/soja-maíz-soja; 2) Rotación intensificada con gramíneas (GRA): rotaciones sorgo-maíz con ocasional soja, y cebada y trigo como cultivos de cobertura invernal; 3) Rotación intensificada con leguminosas (LEG): rotaciones soja-maíz de alta intensidad, con leguminosas como cobertura invernal (arveja); 4) Sitio de referencia con pastura consociada (PAS): Pastura mixta de leguminosas y gramíneas establecida en 2011; 5) Conversión de pastura a rotación intensiva (CON): En 2016, una subparcela bajo pastura se convirtió en un tipo de rotación intensiva, que fueron la rotación LEG en *Las Matreras* y *San Nicolas*; y la rotación GRA en *La Matilde*. La historia de uso del suelo partir de 2016 en cada campo se muestra en la tabla siguiente:

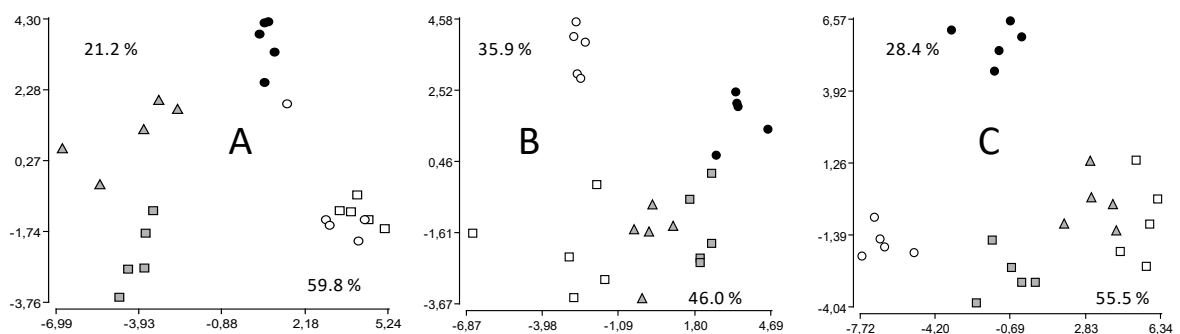
Sitio	estación	TIP	LEG	GRA	CON
<i>Las Matreras</i>	2015/2016	soja	soja	sorgo	Pastura
	2016	trigo	trigo	Vicia	trigo
	2016/2017	soja	soja	maiz	soja
	2017	barbecho	arveja	trigo	arveja
	2017/2018	maiz	maiz	maiz	maiz
	2018	trigo	avena	Vicia	avena
	2018/2019	soja	soja	maiz	soja
	2019	soja	soja	maiz	soja
<i>La Matilde</i>	2015/2016	maiz	maiz	soja	Pastura
	2016	barbecho	barbecho	cebada	cebada
	2016/2017	soja	soja	maiz	maiz
	2017	trigo	trigo	trigo	trigo
	2017/2018	soja	soja	soja	soja
	2018	barbecho	Vicia	cebada	cebada
	2018/2019	maiz	maiz	maiz	maiz
	2019	maiz	maiz	maiz	maiz
<i>San Nicolas</i>	2015/2016	maiz	maiz	sorgo	Pasture
	2016	barbecho	trigo	Vicia	trigo
	2016/2017	soja	soja	maiz	soja
	2017	trigo	arveja	trigo	arveja
	2017/2018	soja	maiz	maiz	maiz
	2018	barbecho	avena	Vicia	avena
	2018/2019	maiz	soja	Maíz Pop corn	soja
	2019	maiz	soja	Maíz Pop corn	soja



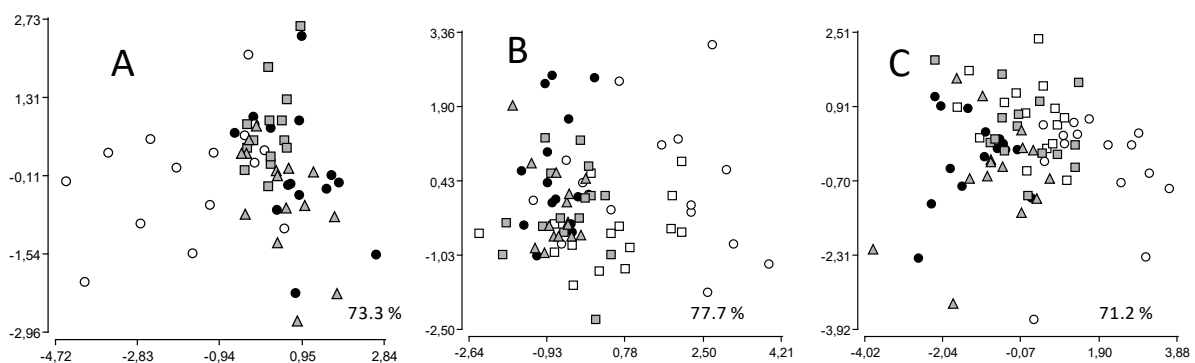
Los lípidos totales fueron analizados por la técnica WSFA según método de Sasser (1990) adaptado por Ferrari et al. (2018). Se analizaron como ácidos grasos individuales, o agrupados en 8 grupos funcionales: saturados de cadena lineal, ramificados, cíclicos, metilados, hidroxilados, mono-insaturados, poli-insaturados y de función mixta (Ferrari et al 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Matilde fue el único sitio donde se tomaron muestras en tres años sucesivos, uno (2017), dos (2018) y tres (2019) años después del cambio de manejo (2016). A un año de la conversión de pastura a agricultura, el tratamiento CON se agrupó junto con PAS; a los 2 años se ubicó entre medio de PAS y GRA (el manejo agrícola al que se convirtió la pastura); y a los 3 años CON se ubicó junto con GRA. En la figura siguiente se muestra el Análisis Discriminante de ácidos grasos individuales en *La Matilde* en 2017 (A), 2018 (B) y 2019 (C) Tratamientos: PAS: círculo blanco; TIP: círculo negro; LEG: cuadrado gris; GRA: triangulo gris; CON: cuadrado blanco (las referencias se conservan en todos los gráficos).

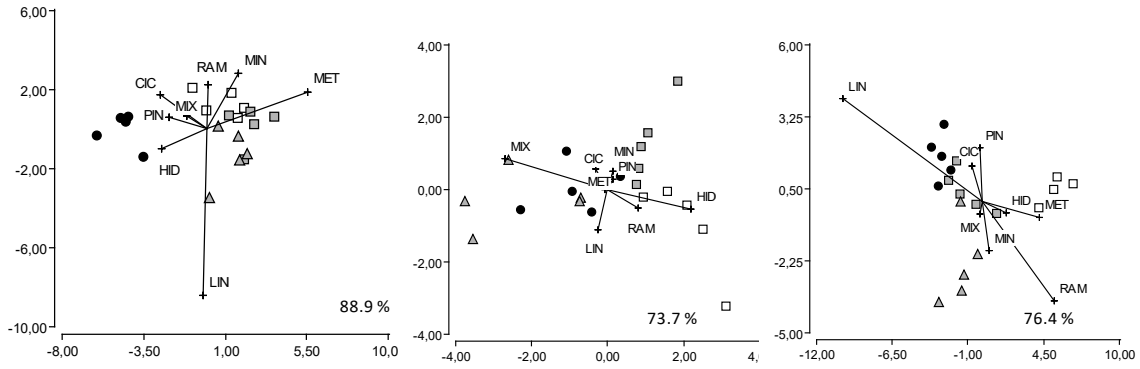


La misma tendencia se observó cuando los tres sitios se agruparon como replicas en un análisis discriminante de grupos funcionales de lípidos (A: 2016, B: 2018, C: 2019). Recién a los 3 años desde el cambio de manejo, CON igualó al sistema agrícola al cual fue convertida la pastura, perdiendo así la “memoria” de pastura. Esto demuestra que la estructura de los lípidos del suelo no responde inmediatamente a los cambios de manejo. Buyer & Drinkwater (1997) indicaron que la historia de uso del suelo tiene mayor impacto en el perfil de lípidos que el cultivo en pie al momento del muestreo.

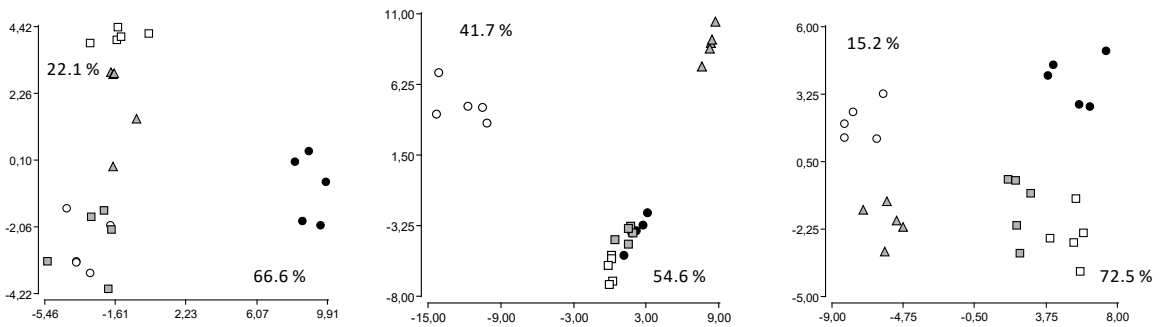


En todos los muestreos y en todos los sitios, cuando los ácidos grasos se agruparon en clases funcionales, los ácidos grasos mono-insaturados siempre se asociaron a las pasturas (sitios de bajo disturbio). Cuando las pasturas fueron removidas del análisis, los mono-insaturados se asociaron ahora con las rotaciones intensivas como se observa en la figura siguiente (izquierda: *La Matilde*, centro: *Las Matreras*, derecha: *San Nicolas*).

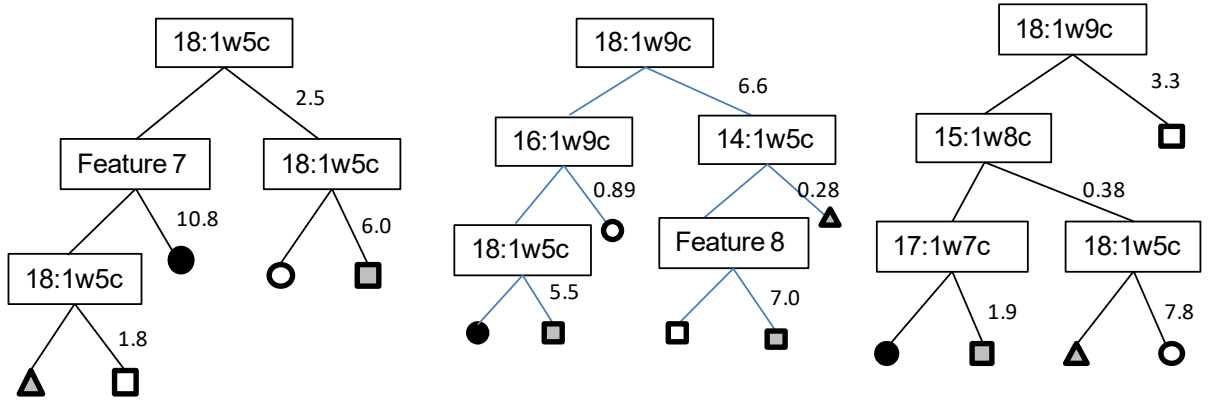




Los ácidos grasos mono-insaturados son considerados característicos, pero no únicos, de bacterias Gram-negativas (Zelles 1999). Existen reportes de altos contenidos de ácidos grasos mono-insaturados en suelos con agregado de enmiendas orgánicas (Romaniuk et al., 2011). Para probar la hipótesis que los ácidos grasos mono-insaturados serian el grupo funcional más relevante para la separación de los tratamientos agrícolas, se hizo un nuevo análisis discriminante utilizando solo los ácidos grasos pertenecientes a dicha categoría. Se observa que los mono-insaturados, por si solos, justifican la separación de los tratamientos con potencia similar a la del perfil completo de ácidos grasos en el muestreo de 2019, como se ve en la figura (izquierda: *La Matilde*, centro: *Las Matreras*, derecha: *San Nicolas*)



Para determinar cuáles fueron los ácidos grasos más relevantes para diferenciar los tratamientos, se aplicó el análisis multivariado de Árboles de Clasificación-Regresion; donde se observa (figura) que los ácidos grasos mono-insaturados más relevantes para la discriminación de tratamientos fueron 18:1w5c y 18:1w9c (figura: izq: *La Matilde*, centro: *Las Matreras*, der: *San Nicolás*).



El ácido graso 18:1w5c se lo ha citado tanto como de origen bacteriano como fúngico, mientras que 18:1w9c es de origen indudablemente fúngico.

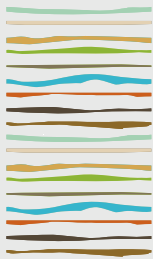
CONCLUSIONES

El método WSFA demostró ser una herramienta sensible para detectar pequeños cambios en los tratamientos agrícolas, siendo una técnica más rápida y sencilla que el tradicional método de fosfolípidos y de mayor nivel de significación respecto de la caracterización de la materia orgánica del suelo, donde la biomasa microbiana necrótica adquiere gran relevancia en los últimos años (Sokol et al., 2022). La clasificación de ácidos grasos en grupos funcionales es un enfoque novedoso de la técnica WSFA. Estos grupos discriminan claramente los cambios de manejo y sugieren al grupo de los mono-insaturados como el mejor marcador de manejo agrícola. El potencial de algunos mono-insaturados individuales, como *18:1w5c* y *18:1w9c*, como marcadores específicos de manejo también surge del análisis aunque debe ser explorado en mayor profundidad. Las rotaciones intensivas demostraron ser tratamientos agrícolas de mayor rendimiento de los cultivos de verano (soja y maíz) que la rotación típica, y su perfil de lípidos resultó más parecido al de una pastura o sitio de bajo disturbio que la rotación típica. Esto sugiere la posibilidad de analizar, en trabajos futuros, el valor predictivo de productividad en los perfiles de WSFA.

BIBLIOGRAFÍA

- Buyer, JS & LE Drinkwater. 1997. Comparison of substrate utilization assay and fatty acid analysis of soil microbial communities. *Journal of Microbiological Methods* 30: 3-11
- Derpsch, R; T Friedrich; A Kassam & H Li. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, **3**, 1-25.
- Ferrari, AE; S Ravnskov; J Larsen, T Tønnersen; R Maronna & LG Wall. 2015. Crop rotation and seasonal effects on fatty acid profiles of neutral and phospholipids extracted from no-till agricultural soils. *Soil Use & Management* 31: 165-175.
- Ferrari, AE; S. Ravnskov & L.G. Wall. 2018. Crop rotation in no-till soils modifies the fatty acids signature. *Soil Use & Management* 34: 427-436
- Frene, JP; E Figuerola; LA Gabbarini; L Erijman & LG Wall. 2022. Impact of diversification and intensification of crop rotation (DICR) in soil bacterial microbiota in on-farm study after four and seven years. *Applied Soil Ecology* 179, 104592.
- Liang, C; M Kastner & RG Joergensen. 2020. Microbial necromass on the rise: the growing focus on its role in soil organic matter development. *Soil Biology and Biochemistry* 150, 108000.
- Pittelkow, CM; BA Linqvist; ME Lundy; X Liang; KJ van Groenigen; J Lee; N van Gestel; J Six; RT Venterea & C van Kessel. 2015. When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research* 183: 156-168.
- Rodríguez, MP; A Domínguez; M Moreira Ferroni; LG Wall & JC Bedano. 2020. The diversification and intensification of crop rotations under no-till promote earthworm abundance and biomass. *Agronomy*, 10, doi:10.3390/agronomy10070919
- Romaniuk, R; L Giuffré; A Constantini & P Nannipieri. 2011. Assessment of soil microbial diversity measurements as indicators of soil functioning in organic and conventional horticulture systems. *Ecological Indicators*, **11**, 1345-1353
- Sasser, M. 1990. Identification of bacteria through fatty acid analysis. En: Z Clement; K Rudolph & DC Sands (Eds). *Methods in Phytobacteriology*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp 199-204.
- Sokol, NW; E Slessarev; GL Marshmann; et al. 2022. Life and death in the soil microbiome: how ecological processes influence biogeochemistry. *Nature Reviews Microbiology* 20: 415-430.
- Villarino, SH; P Pinto; RB Jackson & G Piñeiro. 2021. Plant rhizodeposition: a key factor for soil organic matter formation in stable fractions. *Science Advances* 7, eabd3176
- Whalen, ED; AS Grandy; NW Sokol; M Keiluweit; J Ernakovich; RG Smith & SD Frey. 2022. Clarifying the evidence for microbial- and plant-derived soil organic matter, and the path towards a more quantitative understanding. *Global Change Biology*, <https://doi.org/10.1111/gcb.16413>.
- Zelles, L. 1999. Fatty acid pattern of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterization of microbial communities in soil: a review. *Biology and Fertility of Soils*, **29**, 111-129.





SECUENCIAS DE CULTIVOS BASADAS EN SOJA: EFECTO SOBRE POBLACIONES NATURALIZADAS DE BRADYRHIZOBIOS NODULANTES DE SOJA

Fontana, M.B.^{1*}, M.A. Cazaux², M.A. Sterren¹, W.G. Urich¹, L.E. Novelli^{1,3}, S.M. Benintende¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNER;

² Becaria CIN;

³ CONICET,

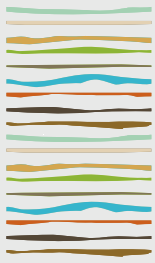
*Ruta Provincial 11, km 10.5, (3101) Oro Verde, Prov. de Entre Ríos, marianela.fontana@uner.edu.ar

RESUMEN

Los suelos de Argentina originalmente no contenían bradyrhizobios simbioses de soja, sino que se han introducido con los inoculantes. Estas poblaciones de bradyrhizobios naturalizados (BN) en el suelo, pueden persistir en vida libre como saprófitos durante largos periodos de tiempo. Por otro lado, el suelo es dinámico, ya que sus propiedades físicas y químicas son alteradas por prácticas de manejo como la secuencia de cultivos, y esto puede afectar la cantidad de BN. Los BN compiten con los bradyrhizobios provenientes del inoculante por los sitios de infección en la raíz de soja; por lo tanto, podrían modificar la eficiencia de fijación biológica de N. El objetivo fue evaluar el efecto de distintas secuencias de cultivos basadas en soja sobre la sobrevivencia de BN nodulantes en soja en un Argiudol ácuico, ubicado en EEA INTA Paraná. Las hipótesis fueron que: I) en una rotación con soja, cuanto menor sea la frecuencia de aparición de la leguminosa, menor será la persistencia de bradyrhizobios; y II) la incorporación de trigo como cultivo de cobertura (CC) en un sistema de soja continua, favorecería el aumento de la materia orgánica y, por lo tanto, una mayor sobrevivencia de bradyrhizobios. Para este ensayo exploratorio se evaluaron cuatro tratamientos: T1) soja continua; T2) CC/soja; T3) CC fertilizado con N/soja; y T4) CC fertilizado con N/soja en una rotación (maíz-CC/soja-trigo/soja). La soja se fertilizó con fósforo y azufre. El muestreo de suelos (0-15 cm) se realizó previo a la siembra de soja. Para el recuento de BN se utilizó una variante de la técnica de "número más probable" (NMP), que consistió en la inoculación de semillas pregerminadas de soja con diluciones seriadas de suelo (10^{-1} a 10^{-6}). Se sembraron cinco semillas pregerminadas por dilución en bandejas multicelda con vermiculita estéril, se inocularon con la dilución correspondiente y se llevaron a invernadero durante 21 días. Luego, se realizó la evaluación de nodulación a través del recuento de plantas noduladas por dilución, datos con los que se determinó el NMP de bradyrhizobios por gramo de suelo seco (bradyrhizobios gss⁻¹). Se encontró que la sobrevivencia de bradyrhizobios en las secuencias fue $T4 < T3 = T2 < T1$. Los resultados obtenidos fueron $4,4 \times 10^2$, $1,2 \times 10^3$, $1,3 \times 10^3$ y $6,5 \times 10^3$ bradyrhizobios gss⁻¹, respectivamente. Estos resultados se asemejan a otros recuentos de BN en suelos similares de la región, que se encuentran entre 10^2 a 10^5 bradyrhizobios gss⁻¹. De esta manera, se observó que el factor de mayor impacto en los niveles de BN en el suelo es la frecuencia del cultivo de soja en la secuencia, lo cual concuerda con estudios que indican que estas poblaciones son favorecidas por la presencia de la planta huésped. Sin embargo, la inclusión de CC en un monocultivo de soja (T2 y T3) disminuyó la población naturalizada respecto al T1.

Palabras clave: sobrevivencia de bradyrhizobios, frecuencia de soja, rotación de cultivos.





IMPACTO DEL MANEJO SOBRE LA MICROBIOTA EDAFICA Y LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Frasier I.^{1*}, F.M. Barbero², G. Posse³, S. Vangeli³, C. Pérez Brandan⁴, M.F. Gómez⁵, R. Fernández^{5,6}, A. Quiroga^{5,6}, S. Restovich⁷, J. Meriles², D.L. Serri^{8,10}, E.M. Figuerola⁹, M. Rorig¹, C. Molina¹, E. Noellemyer⁴, S. Vargas Gil^{8,10}

¹Instituto de Suelos, CIRN-Conicet; ²Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-CONICET-UNC);

³Instituto de Investigación Clima y Agua; ⁴EEA Salta-Conicet;

⁵Fac. Agronomía, UNLPam; ⁶EEA INTA Anguil, ⁷EEA INTA Pergamino,

⁸Instituto de Patología Vegetal (IPAVE)-CIAP-INTA,

⁹Instituto de Biociencias, Biotecnología y Biología Traslacional, Fac. Cs Exactas y Naturales, UBA-Conicet, ¹⁰Unidad de Fitopatología y Modelización Agrícola-CONICET.

* De los Reseros y Nicolás Repetto s/n, B1686 Hurlingham, Provincia de Buenos Aires, frasier.ileana@inta.gob.ar

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar el impacto del manejo del suelo sobre los aportes derivados de raíces y residuos en superficie, su transformación a través de la biomasa microbiana del suelo y su relación con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para ello, se evaluaron cuatro prácticas de manejo en un suelo franco ubicado en Anguil, La Pampa (2019-2021). Los tratamientos fueron: i) pastizal natural bajo estrato arbóreo de Caldén (NG); ii) pastura de cuatro años en rotación con agricultura (RO); iii) soja con inclusión de cultivos de cobertura (S-CC); y iv) monocultura de soja (S-S). Se determinaron los contenidos de C y N de raíces y de residuos en superficie. Se cuantificaron las emisiones de GEI en períodos críticos de mayor disponibilidad de N para los cultivos agrícolas. Por último, se determinaron variables físicas, químicas y biológicas del suelo acotadas a los primeros 10 cm de profundidad con 4 réplicas por tratamiento. Los resultados evidenciaron cambios en la cantidad y contribución relativa de los aportes de C-raíces y C-residuos asociados con el manejo del suelo. NG mantuvo los aportes de raíces y residuos más altos y estables a lo largo del tiempo (4977 y 3679 kg C ha⁻¹), contrario a lo observado en S-S, que presentó menores niveles de C-raíces y C-residuos en comparación con NG (77 % y 49% respectivamente). El C-raíces explicó en parte los incrementos en el carbono de la biomasa microbiana. Además, cambios en esta variable se tradujeron en aumentos exponenciales de las tasas de CO₂ con los valores más altos cuando el aporte de material vegetal presentó relaciones C/N bajas. Por otra parte, aumentos en la tasa de emisión de óxido nitroso estuvieron explicados por una mayor disponibilidad de N soluble y más del 40% de poros llenos con agua.

Palabras clave: C-raíces, N soluble, poros llenos con agua.

INTRODUCCION

El aumento de la producción agropecuaria es uno de los principales objetivos de la humanidad producto de la creciente demanda mundial de alimentos (Sakschewski et al., 2014). Esto ha traído como consecuencia el avance de la frontera agrícola, con un panorama en el que se enfatiza la obtención de cultivos con altos rendimientos a través del uso de variedades mejoradas, agroquímicos sintéticos, privilegiando la adopción de la "agricultura permanente" en desmedro de la rotación con pasturas. Estos sistemas impactan negativamente sobre la biodiversidad y la calidad de los suelos, contribuyendo al cambio climático global.

La agricultura es una de las principales actividades antropogénicas que contribuyen a la emisión de gases



de efecto invernadero (GEI) (Parry et al., 2007). En ese sentido, los microorganismos del suelo tienen un rol clave en los procesos edáficos que se relacionan con las pérdidas de CO₂ a través del proceso de respiración, N₂O por nitrificación y desnitrificación, y CH₄ por metanogénesis. Existen complejas interacciones entre la biota del suelo, los procesos que llevan a cabo y los factores bióticos y abióticos a los cuales pueden estar expuestos. Las respuestas microbianas ante estas situaciones deben ser cuidadosamente estudiadas, para comprender los mecanismos por los cuales los microorganismos regulan el flujo terrestre de GEI que, junto con otros datos, contribuirían en la predicción de los modelos climáticos (Singh et al., 2010).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el impacto del manejo del suelo sobre los aportes derivados de raíces y residuos en superficie, su transformación a través de la biomasa microbiana del suelo y su relación con las emisiones de GEI.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante dos años (2019-2021) en el campo de un productor ubicado en Anguil, La Pampa (S 36° 36' 37.95"; W 63° 58' 48.22"). Se estudiaron cuatro prácticas de manejo: i) pastizal natural conformado por gramíneas pastoreadas bajo un estrato arbóreo de Caldén (NG); ii) pastura de 4 años de festuca y alfalfa en rotación con agricultura (RO); iii) soja con centeno como cultivo de cobertura (S-CC), y iv) soja sin inclusión de CC (S-S). La pastura tenía cuatro años al comienzo del estudio (2019) y luego se roturó con rastra de discos en diciembre de 2020 para preparar el suelo para la fase agrícola que inició con la siembra de centeno en febrero del periodo evaluado. Los cultivos anuales que normalmente participan de la rotación fueron maíz, girasol, soja y trigo. Los tratamientos S-CC y S-S corresponden a un ensayo de larga duración establecido en 2009 en un diseño en franjas (50 x 10 m) con 4 réplicas bajo siembra directa. El CC normalmente se siembra a una densidad de 80 semillas m⁻² en mayo y se detiene su crecimiento con la aplicación de glifosato (3 L ha⁻¹) en octubre. La soja se siembra en diciembre con una densidad de 24 plantas m⁻² y un espacio entre hileras de 0,52 m. La profundidad de estudio fue 0-0.1 m de profundidad. Al inicio del experimento se determinaron las propiedades del suelo (Tabla 1). Con este propósito, se tomaron muestras compuestas y se determinó: textura (Bouyoucos, 1936), carbono orgánico del suelo (COS) (Walkley & Black, 1934), N total (Kjeldahl), P Bray (Bray & Kurtz, 1945), pH en agua (1:2,5 p/p), capacidad de intercambio catiónico (Hendershot & Lalonde, 2006), densidad aparente (Blake & Hartge, 1986).

Tabla 1: Caracterización del suelo para cada tratamiento bajo estudio (a+L: arcilla más limo; A: arena; COS: carbono orgánico del suelo; dap: densidad aparente; CIC: capacidad de intercambio catiónico).

Tratamiento	a+L	A	COS	NT	Dap (Mg m ⁻³)	P Bray (mg kg ⁻¹)	pH 1:2,5	CIC (cmolc kg ⁻¹)
	(g kg ⁻¹)							
NG	467	533	39.2	3.4	0.96	262.7	5.0	22.0
RO	454	546	15.6	1.3	1.26	24.3	6.8	15.4
S-CC	467	533	12.2	1.0	1.24	21.1	6.6	14.0
S-S	487	513	10.4	0.9	1.31	20.6	6.6	13.4

Aportes de C y N al suelo

Los residuos sobre la superficie del suelo se recolectaron en los momentos correspondientes a la siembra y cosecha del cultivo de soja utilizando un aro de 0,25 m². La biomasa de raíces se determinó según el método propuesto por Frasier et al. (2016) al término de los cultivos de cobertura y en la etapa de floración de la soja en todos los tratamientos. El material vegetal fue secado en estufa a 60 °C, pesado y molido para las determinaciones de C y N (LECO – TrueSpec® CN).

Emisiones de GEI en períodos críticos

El muestreo se realizó durante dos períodos críticos para la ocurrencia de picos de emisión de GEI definidos por la alta probabilidad de eventos de lluvia y/o mayor disponibilidad de N en el suelo en las secuencias de



cultivo agrícola: i) pre- y post-siembra (noviembre - diciembre - enero), y ii) pre- y post-cosecha de soja (abril - mayo - junio). Se utilizó el método de cámaras estáticas con ventilación (Livingston & Hutchinson, 1995). Se colocaron seis cámaras por tratamiento, efectuando las mediciones entre las 10 y 12 am. Se recogieron tres muestras de aire de 10 ml a intervalos de 15 minutos (0, 15 y 30 minutos). La concentración de GEI se cuantificó por cromatografía de gases (Dpto. Bioquímica, FAUBA). Las emisiones se calcularon a partir de la tasa de cambio de gas en función del tiempo (Venterea, 2010). Durante los períodos de medición de GEI también se determinó humedad (método gravimétrico), temperatura, densidad aparente, N-nitratos (método del ácido cromotrópico), poros lleno de agua (WFPS) (Robertson & Groffman, 2007) a 0.10 m de profundidad. Al principio y al final de cada período de medición de GEI se determinó C de la biomasa microbiana (CBM) (Vance et al., 1987; Voroney et al., 2006). El N soluble fue determinado a partir de los extractos de las muestras no fumigadas (Högberg & Högberg, 2002; Brookes & Joergensen, 2005). Las variables relevadas fueron ordenadas en una escala de tiempo en días calculada a partir de las diferentes fechas de muestreo.

Análisis estadísticos

Los análisis de varianza se llevaron a cabo utilizando modelos lineales mixtos. Las medias se compararon mediante la prueba de Fisher ($\alpha=0.05$). Se utilizó un modelo de descomposición exponencial para ajustar los cambios en el tiempo de las entradas de C-residuos ($R = \alpha e^{-\beta t}$), siendo R la cantidad de residuos sobre el suelo, α la cantidad máxima de residuos, β la tasa de descomposición y t el tiempo en días. Se realizaron regresiones lineales y no lineales para evaluar el comportamiento de las variables estudiadas utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El manejo del suelo definió la magnitud de las entradas de C al suelo mediante dos vías principales: i) residuos en superficie y, ii) raíces. El tratamiento NG mantuvo valores altos y estables en el tiempo de C-raíces y C-residuos (4977 y 3679 kg C ha⁻¹ respectivamente) (Figura 1). Además, el C-raíces en este tratamiento fue, en promedio, un 15% superior respecto del C-residuos. Estos resultados podrían explicar las altas concentraciones de COS observadas en NG (39 g kg⁻¹) (Tabla 1). La pastura (RO) mostró valores similares de C-raíces (4421 kg C ha⁻¹) respecto de NG; sin embargo, cuando se preparó el suelo para el cultivo anual, el C-raíces disminuyó un 75%. Además, la pastura presentó cantidades muy bajas de residuos (236 kg C/ha), equivalentes al 8% de lo observado en NG. Estas diferencias entre los aportes de raíces y residuos en superficie en RO evidencian la importancia de las raíces vivas para la recuperación de los niveles de COS después de varios años de cultivo anual. Las pasturas pueden transferir al suelo alrededor de un 30 a 50% del C total asimilado fotosintéticamente (rizodeposición) durante su período de crecimiento (Kuzyakov & Domanski, 2000), contribuyendo eficientemente en la estabilización de COS (Sokol & Bradford, 2018). Por el contrario, los tratamientos S-CC y S-S presentaron bajos niveles de C-raíces (entre 214 y 1320 kg C-raíces ha⁻¹) que resultaron inferiores respecto del C-residuos (entre 300 y 1737 kg ha⁻¹). Estos cambios en la cantidad de C que entra al suelo y la menor contribución relativa de las raíces tienen un profundo impacto sobre la capacidad de recarbonización del suelo. Varios estudios han demostrado que el uso combinado de CC con SD es una estrategia de manejo que permite mejorar el COS (Ladoni et al., 2016). Nuestros resultados mostraron que la inclusión de CC resultó en un incremento del 31% y 14% en las entradas de C-residuos y C-raíces, respectivamente, comparado con la monocultura de soja, con valores de C-raíces relativamente estables (Figura 1). Sin embargo, al comparar esta práctica con NG, los aportes de C-raíces y C-residuos fueron inferiores en un 77 % y 49% respectivamente. El caso extremo fue el monocultivo de soja, con valores menores en las entradas de C-raíces y C-residuos del 91 y 80 % respecto del suelo bajo vegetación natural. La magnitud de estas diferencias, principalmente en las entradas de C-raíces, podría explicar los bajos niveles de COS observados bajo los manejos agrícolas (Tabla 1).



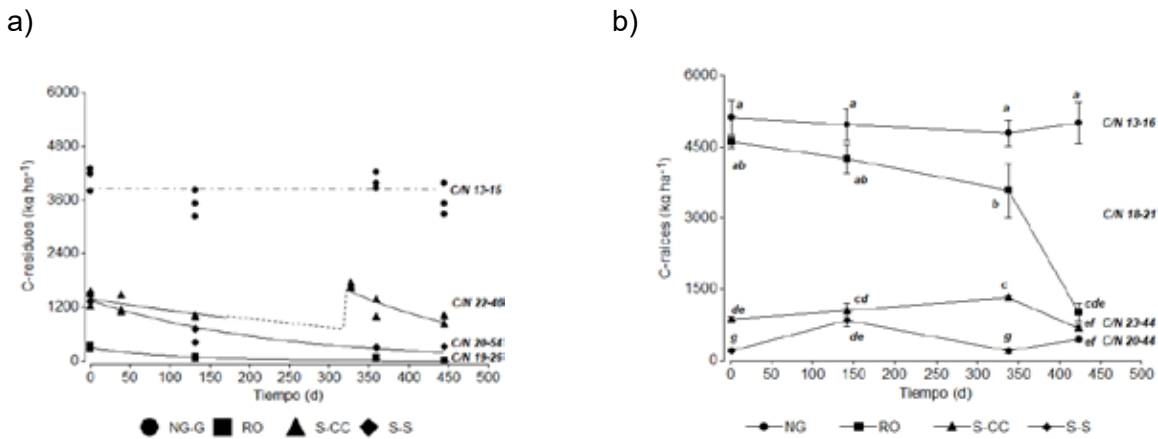


Figura 1: Variación en el tiempo de C-residuos en superficie (a) y el C-raíces (b) durante el periodo de estudio. Los modelos de descomposición ajustados para C-residuos (a) fueron $y_{s-cc1} = 1361 e^{-0.002t}$; $y_{s-cc2} = 1176 e^{-0.004t}$; $y_{s-s} = 1350 e^{-0.004t}$; $y_{ro} = 294 e^{-0.01t}$. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos y tiempo (b).

El C-raíces explicó en parte los aumentos observados en CBM ($y = 0.014x + 55$; $R^2 = 0.52$; $p < 0.0001$). Las raíces son anabolizadas eficientemente por la biota del suelo y los productos de esta transformación involucran tanto compuestos orgánicos más simples como también la producción de CO_2 y N_2O (Gougoulías et al., 2014). Los resultados mostraron que cambios en CBM explicaron aumentos exponenciales en las tasas de emisión de CO_2 del suelo, registrándose los valores más altos con aportes de material vegetal de alta calidad (raíces y residuos) (Figura 2a). La calidad de los aportes también explicó los cambios en la disponibilidad de N soluble (Figura 2b). Este reservorio está influenciado por lixiviaciones de N de residuos en la superficie del suelo dependientes de eventos de lluvia, exudación de raíces y subproductos derivados de la actividad microbiana, pero también es una fuente de compuestos orgánicos fácilmente mineralizados por microorganismos del suelo que contribuyen con el C orgánico estable del suelo (Chantigny, 2003). Los aumentos en N soluble explicaron los aumentos en la disponibilidad de N mineral, lo que indicaría la ocurrencia de mineralización neta de N. Por el contrario, cuando las relaciones C/N fueron superiores a 40, no se encontró relación entre las variables. Sin embargo, los valores de N soluble fueron más bajos, lo que indicaría su inmovilización (limitante de N).

Se ha propuesto que el N orgánico soluble puede actuar como promotor del proceso de desnitrificación (Liu et al., 2022). Nuestros resultados indicaron que cuando las condiciones de oxígeno disponible se volvieron limitantes para los microorganismos del suelo (>40% poros con agua), los aumentos en la tasa de emisión de óxido nítrico se explicaron por aumentos en la disponibilidad de N soluble (Figura 3 a). Por el contrario, cuando los poros llenos de agua fueron inferiores al 40%, los procesos oxidativos fueron favorecidos, y las tasas de emisión fueron bajas, mostrando una respuesta de incrementos bajos con aumentos en la disponibilidad de N soluble en el suelo, mientras que con más del 40% de poros llenos de agua esta respuesta fue de mayor magnitud (Figura 3b). Estos resultados sugieren pérdidas de óxido nítrico a través del proceso de nitrificación. En cambio, frente a incrementos en el contenido de agua del suelo, el proceso de desnitrificación se vio favorecido con altas tasas de emisión, dado que los microorganismos que llevan a cabo estos procesos son facultativos (Kuypers et al. 2018).



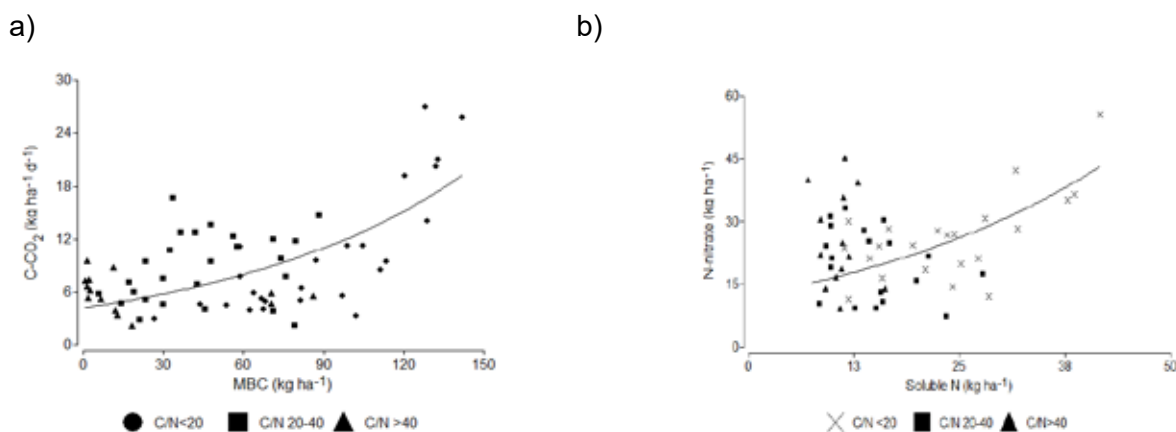


Figura 2: (a) Relación entre el CBM y la tasa de emisión de CO₂ del suelo. (b) Relación entre el N soluble y la disponibilidad de N mineral para diferentes rangos de calidad (C/N) de los aportes al suelo.

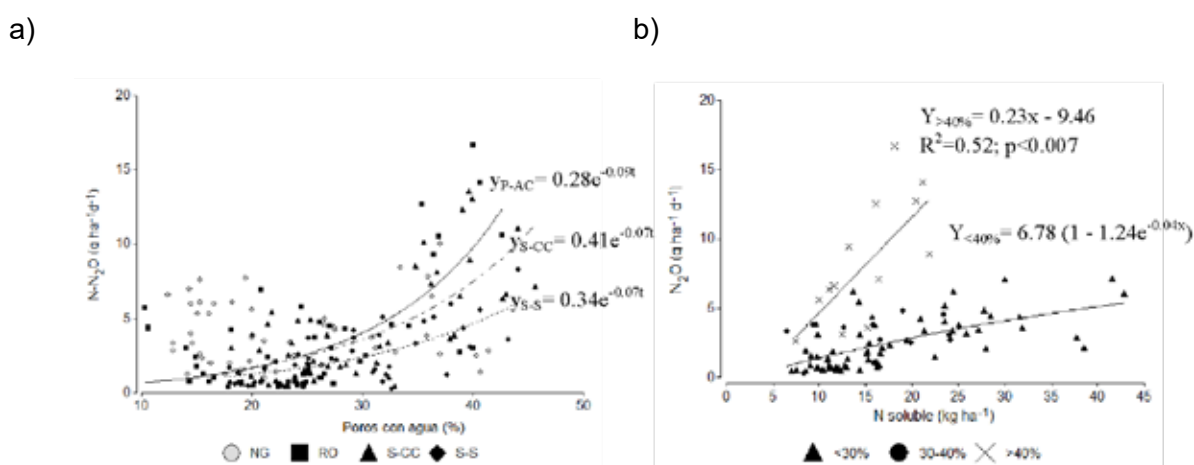


Figura 3: (a) Relación entre el porcentaje de poros llenos con agua y las tasas de emisión de óxido nítrico para los tratamientos bajo estudio. (b) Relación entre el contenido de N soluble y la disponibilidad de N mineral para diferentes calidades (C/N) de las entradas al suelo.

CONCLUSIONES

Este trabajo contribuye al conocimiento acerca del impacto de las prácticas de manejo sobre las entradas de C al suelo y la contribución relativa que tienen las raíces y los residuos en superficie a los almacenes de COS. En este sentido los mayores aportes se registraron en NG mientras que el manejo agrícola de monocultivo tuvo los menores aportes. Los aportes de C-raíces se relacionaron con la actividad microbiana, la cual a su vez se relacionó con las emisiones de GEI. Éstas fueron favorecidas cuando el contenido hídrico del suelo superó el 40% de poros llenos de agua y con alta concentración de N soluble.

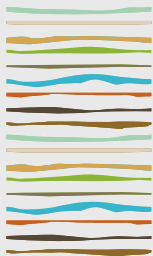
BIBLIOGRAFÍA

- Iake, G.R. & K.H. Hartge. 1986. Bulk density. p. 363–382. En: A. Klute (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. SSSA, Madison.
- Bouyoucos, G.J. 1936. Directions for making mechanical analyses of soils by hydrometer method. Soil Sci. 42(3): 225–230.
- Bray, R.H. & L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59(1): 39–46.
- Brookes, P.C. & R.G. Joergensen. 2005. Microbial biomass measurements by fumigation-extraction. p. 77–83. En: Bloem, J., Hopkins, D.W. & Benedetti, A. (eds.), Microbiological methods for assessing soil quality. CABI, Wallingford.
- Chantigny, M. 2003. Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. Geoderma 113(3–4): 357–380



- Frasier, I., E. Noellemeyer, R. Fernández, and A. Quiroga. 2016. Direct field method for root biomass quantification in agroecosystems. *MethodsX* 3: 513–519.
- Gougoulias, C., J.M. Clark & L.J. Shaw. 2014. The role of soil microbes in the global carbon cycle: Tracking the below-ground microbial processing of plant-derived carbon for manipulating carbon dynamics in agricultural systems. *J. Sci. Food Agric.* 94(12): 2362–2371.
- Hendershot W.H. & H. Lalonde. 2006. Chapter 18 Ion Exchange and Exchangeable Cations. p. 142–146. En: *Soil Sampling and Methods of Analysis*.
- Högberg, M.N. & P. Högberg. 2002. Extramatrical ectomycorrhizal mycelium contributes one-third of microbial biomass and produces, together with associated roots, half the dissolved organic carbon in a forest soil. *New Phytol.* 154(3): 791–795.
- Kuypers, M.M., Marchant, H.K., Kartal, B. 2018. The microbial nitrogen-cycling network. *Nature Microbiology Reviews* 2. 263-276.
- Kuzyakov, Y. & G. Domanski. 2000. Carbon input by plants into the soil. *Review. J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163(4): 421–431. Ladoni, M., A. Basir, P.G. Robertson & A.N. Kravchenko. 2016. Scaling-up: Cover crops differentially influence soil carbon in agricultural fields with diverse topography. *Agric. Ecosyst. Environ.* 225: 93–103.
- Livingston, G.P. & G.L. Hutchinson. 1995. Enclosure-based measurement of trace gas exchange: Applications and sources of error. En: PA Matson & RC Harriss (eds). *Methods in Ecology. Biogenic Trace Gases: Measuring Emissions From Soil and Water*. Blackwell Sci., Malden, Mass. 14-51.
- Liu, Y., J. Xin, Y. Wang, Z. Yang, S. Liu & X. Zheng. 2022. Dual roles of dissolved organic nitrogen in groundwater nitrogen cycling: Nitrate precursor and denitrification promoter. *Sci. Total Environ.* 811.
- Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden & C.E. Hanson. 2007. IPCC. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*.
- Robertson, G.P. & P.M. Groffman. 2007. Soil microbiology, ecology and biochemistry. p. 341–364. En: Paul, E.A. (ed.), *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. 3rd ed. Elsevier.
- Sakschewski, B., W. von Bloh, V. Huber, C. Müller & A. Bondeau. 2014. Feeding 10 billion people under climate change: How large is the production gap of current agricultural systems? *Ecol. Modell.* 288: 103–111.
- Singh, B.K., R.D. Bardgett, P. Smith & D.S. Reay. 2010. Microorganisms and climate change: terrestrial feedbacks and mitigation options. *Nat. Rev. Microbiol.* 8(11): 779–790.
- Sokol, N.W. & M.A. Bradford. 2018. Efficient From Belowground Than Aboveground Input. *Nat. Geosci.*
- Vance, E.D., P.C. Brookes & D.S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19(6): 703–707.
- Voroney, R., P. Brookes & R. Beyaert. 2006. Soil microbial biomass C, N, P, and S. p. 637–651. En: Carter, M., Gregorich, E. (eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2nd ed. Canadian Society of Soil Science. CRC Press.
- Walkey, A. & I.A. Black. 1934. An examination of the effect of the digestive method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic and titration method. *Soil Sci.*





MINERALIZACIÓN POTENCIAL DE TRES ENMIENDAS ORGÁNICAS: CONTRIBUCIONES PARA SU APLICACIÓN EN SISTEMAS HORTÍCOLAS

Gaona Flores M.A.^{1,2*}, D. Serri^{1,3}, V. Silbert⁴, A. Ringuélet⁵

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Centro de Investigaciones Agropecuarias;

² Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales; ³ Instituto de Patología Vegetal;

⁴ Instituto Nacional de Tecnología Industrial;

⁵ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba.

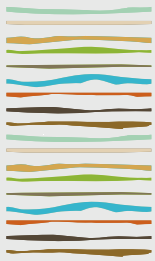
* Av. 11 de septiembre, (5020) Córdoba, Prov. de Córdoba, gaona.amparo@inta.gob.ar

RESUMEN

En el marco de un proyecto interinstitucional y de articulación público-privada: "Valorización agronómica y energética de residuos de poda, estandarización de procesos, productos y plan de aplicación de enmiendas para el cinturón verde de la ciudad de Córdoba". El objetivo fue conocer la disponibilidad potencial de nitrógeno (N) y fósforo (P) en mezclas de un suelo haplustol típico (con más de 10 años de uso hortícola) y enmiendas orgánicas a base de materias primas disponibles en la Región Agroalimentaria del Centro de Córdoba. Se realizó un ensayo bajo condiciones controladas donde se evaluaron tres enmiendas orgánicas: i) compost a base de residuo avícola (G), ii) compost a base de residuos vegetales (V), iii) bokashi (B), y un tratamiento control de suelo sin enmienda (C). El compost G fue elaborado con cama de pollo y sangre, mientras que V se elaboró con residuos de verduras y poda urbana triturada y para la enmienda B se usó guano de caballo, hojas secas, tierra, recuperó de bokashi anterior, carbonilla, ceniza, levadura, azúcar, agua y 12 litros de microorganismos de monte. Los materiales orgánicos fueron mezclados con el suelo en una proporción agronómica, ambientalmente adecuada y económicamente factible de 40 t/ha. Considerando 10 cm de profundidad y las respectivas densidades, las proporciones suelo:enmienda fueron 100 g + 3,3 g. Cada uno de los tratamientos se realizó por triplicado y fueron incubados durante 16 semanas en oscuridad a 25°C y ajustándose humedad cada 7 días. A las 0, 4, 8, 12 y 16 semanas se retiró un set de tratamientos para su análisis. Se estimó respiración microbiana potencial (RM: emisión acumulada de CO₂), P disponible acumulado (método Olsen) y N mineralizado total (NmT). De manera general, se observó a lo largo del tiempo un aumento en la RM y NmT, mientras que los valores de P iniciales respecto de los finales fueron similares para cada tratamiento. Se observó que el compost G fue significativamente diferente al resto de los tratamientos con un aporte inicial de 109.26 ppm y final de 109.93 ppm. En relación a RM, se registraron los mayores valores en B con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. Por ejemplo, B liberó 40% más CO₂ respecto de G, el tratamiento de menor respiración. En cuanto a NmT, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos T y V los cuáles registraron un 91% más de NmT respecto del tratamiento G con un 23% con respecto al N disponible al inicio del ensayo.

Palabras clave: economía circular, reciclaje, horticultura





DIVERSIDAD DE HONGOS MICORRÍCICOS EN ASOCIACIÓN CON *LOTUS TENUIS* EN LA CUENCA DEL RÍO SALADO

García, I.¹, F. Covacevich², C. Fernandez-López³, M. Cabello⁴

¹Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MACN). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires. Argentina.

²Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología (INBIOTEC-CONICET).

³FCA-UNNE, EEA INTA, Corrientes. Argentina.

⁴Instituto de Botánica Carlos Spegazzini, FCNYM-UNLP, La Plata. Buenos Aires. Argentina.

RESUMEN

Los pastizales de la Cuenca del Río Salado (Bs.As.) presentan suelos halomórficos y baja frecuencia de leguminosas, características que condicionan la actividad ganadera. La promoción de *Lotus tenuis* por aplicación de herbicida constituye una alternativa para aumentar la producción forrajera. Aunque *L. tenuis* presenta alta dependencia por la asociación con hongos micorrícicos arbusculares (HMA), se desconoce si las características edáficas y de manejo de pastizales modulan su abundancia y diversidad. Nuestro objetivo fue evaluar, a través de estrategias clásicas y moleculares, posibles cambios en la colonización micorrícica en raíces y la diversidad de las comunidades de HMA en el entorno radical de *L. tenuis* en pastizales de la Cuenca ante diferentes condiciones edáficas y manejo. Se colectaron muestras de raíces y suelo asociado a raíces de *L. tenuis* en 8 sitios con suelos halomórficos (Chascomús): 3 pastizales naturales y 5 sitios con promoción de *L. tenuis* por aplicación de glifosato, con cinco años de tratamiento. La colonización micorrícica no difirió entre sitios. La taxonomía morfológica evidenció que los suelos evaluados presentaron comunidades de HMA distintas, siendo Glomeraceae la única familia descrita en todos los sitios. El análisis de *fingerprinting* molecular (PCR-SSCP) para la familia Glomeraceae evidenció similitud entre todas las condiciones tanto en los índices de diversidad (que se mantuvieron entre 2,8 y 3,5) como en el agrupamiento de los patrones. Ambas estrategias detectaron mayor diversidad en un sitio bajo promoción. Se detectó elevada similitud de secuencias de HMA glomoides asociados a las raíces con *Septoglomus constrictum*, *Claroideoglossum lamellosum*, *Rhizophagus clarum*. Los resultados indican que *L. tenuis* es una especie capaz de mantener una elevada diversidad de HMA independientemente de las propiedades edáficas o el manejo. La ausencia de depresión de la abundancia y diversidad de HMA en sistemas con menor diversidad vegetal sugerirían alta resiliencia de los HMA.

Palabras clave: hongos micorrícicos arbusculares, leguminosa, suelos halomórficos

INTRODUCCIÓN

La simbiosis entre plantas y hongos micorrícicos arbusculares (HMA) se encuentra en diferentes ecosistemas a nivel global, pero las condiciones ambientales tanto edáficas como de manejo afectan la composición de las comunidades de HMA (Baral et al. 2021). En particular en los pastizales, las plantas albergan una gran diversidad microbiana, así como de HMA entorno a sus raíces, destacando la importancia tanto ambiental como económica de estos ecosistemas. Los pastizales de la Cuenca del Río Salado (Buenos Aires, Argentina), una zona típica de cría bovina, son dominados por gramíneas con baja frecuencia de leguminosas. Estos pastizales se ven afectados por estrés hídrico, salinidad, alcalinidad y baja disponibilidad de fósforo (P), condiciones que limitan el crecimiento vegetal (García y Mendoza 2008). En este sentido, las condiciones edáficas junto con una baja frecuencia de leguminosas, afectan la calidad y cantidad del forraje (Cahuépe



2004). A fin de mejorar la producción forrajera durante el período estival, se implementan prácticas que permiten mejorar la implantación y aumentar la frecuencia de leguminosas altamente valoradas como es *Lotus tenuis*. Una de las practicas es la promoción de *L. tenuis* mediante la aplicación de herbicida.

L. tenuis se encuentra altamente colonizada por HMA, característica que es importante desde el punto de vista nutricional dado que indicaría que la simbiosis micorrícica puede persistir en las raíces ante un amplio rango de condiciones edáficas a lo largo del tiempo (García y Mendoza 2008). Trabajos previos proponen que *L. tenuis* sería capaz de mantener el inóculo nativo de HMA, en raíces y en suelo, ante diferentes condiciones edáficas (García y Mendoza 2008; Chippano et al. 2020). A pesar de la importancia de *L. tenuis* en los pastizales y de la alta dependencia por la asociación micorrícica para crecer en condiciones limitantes de P (García y Mendoza 2008; Chippano et al. 2021), se conoce poco sobre la estructura de las comunidades de HMA en los pastizales de la Cuenca del Salado. Asimismo, se desconoce si los sistemas con promoción de *L. tenuis*, en los que cambiaría la riqueza de plantas hospedadoras, modifica la estructura de las comunidades en deterioro de la diversidad de HMA. Nuestro objetivo fue evaluar la diversidad de las comunidades nativas de HMA en el suelo cercano a las raíces y en el tejido radical de *L. tenuis* en pastizales de la Cuenca del Río Salado que difieren en las condiciones edáficas y el manejo. Asimismo, nos proponemos evaluar si la determinación de la diversidad a través de estrategias clásicas y moleculares revela resultados similares y/o podrían ser complementarias de los estudios taxonómicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios seleccionados y procedimiento de muestreo de suelos y plantas

Se seleccionaron ocho sitios en Chascomús (Buenos Aires) con suelos halomórficos y diferente manejo, pudiendo diferenciar: tres sitios con pastizales naturales donde *L. tenuis* crece habitualmente (N) y cinco sitios con promoción de *L. tenuis* (P). La promoción de *L. tenuis* está basada en la aplicación invernal de 3,5 L/ha/año de glifosato, con cinco años de tratamiento al momento del muestreo. Todos los sitios presentan una carga similar de ganado vacuno por año. Los sitios fueron nombrados de acuerdo al lugar de origen: Intech (I) o Manantiales (M), seguido del manejo del pastizal: Natural (N) o Promoción (P), de manera tal de definir las siguientes nomenclaturas: I-N1, I-N2, M-P1, M-P2, M-P3, M-P4, M-P5 y M-N1. El muestreo se realizó en diciembre, cuando la vegetación se encontraba en el periodo más vigoroso de crecimiento. En cada lugar de muestreo se establecieron dos parcelas circulares concéntricas de 8 m (interior) y 12 m (exterior) de radio, respectivamente. Cada área de 12 m de radio se dividió en cinco subparcelas (réplicas). En la subparcela exterior se tomaron al azar cinco réplicas de *L. tenuis* (tres individuos adultos de tamaño similar por muestra compuesta por réplica) y diez muestras de suelo (12 cm de profundidad) compuesta por réplica. La subparcela interior se utilizó para medir la composición florística. Las muestras de suelo se emplearon en la determinación de propiedades químicas y taxonomía de HMA y las muestras de raíces en el análisis de colonización y diversidad de HMA.

Determinaciones

En suelo se determinó pH, P disponible (Bray y Kurtz 1945), Ca, Mg, Na y K intercambiables (Chapman 1965) y se estimó el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Las esporas de HMA se aislaron por tamizado en húmedo y centrifugación en sacarosa de la rizosfera de *L. tenuis* (Daniels y Skipper 1982), y fueron identificadas a nivel de especie (sitio INVAM y sitio Blaszkowski). Se calcularon los índices de diversidad (H), riqueza (R) y equitatividad (E).

En las raíces de *L. tenuis* se caracterizó la colonización HMA (Mc Gonigle y col. 1990). La diversidad genética de los HMA también se analizó mediante PCR-Polimorfismo de Conformación de Cadena Simple (PCR-SS-CP). Brevemente, el ADN el material radical se extrajo utilizando el kit PowerSoil® MoBio, USA. Los amplicones resultantes de una reacción de PCR anidada en la que en la segunda reacción se utilizaron cebadores que amplificaron parte del dominio variable D1 de la región ribosomal LSUrDNA de HMA glomoides, pertenecientes al anteriormente conocido género *Glomus* spp. (géneros actuales: *Glomus*, *Funneliformis* y *Rhizophagus*). Los amplicones fueron corridos electroforéticamente en un gel vertical con una matriz de MDE®. El patrón de bandas fue analizado, previa tinción con plata. Se realizó un dendrograma de similitud de patrones (programa GelCompare). Dos bandas de cada sitio fue cortada, reamplificada y enviada a servicio de secuenciamiento (Macrogen). Las secuencias se compararon con la base pública del National Center for Biotechnology In-



formation (NCBI, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) y se construyó un árbol filogenético (programa Mega 6.1). Todos protocolos se realizaron siguiendo a Kjølner et al. (2000) y Covacevich et al. (2021).

Análisis estadístico

El análisis estadístico incluyó correlaciones simples y análisis de componentes principales (ACP) (Infostat).

RESULTADOS Y DISCUSION

En general, los suelos estudiados presentaron pH por encima de la neutralidad, siendo el sitio M-N1 el más alcalino y con menor concentración de P disponible (Tabla 1). Todos los suelos estudiados fueron deficientes en P disponible para el crecimiento vegetal, cuyos valores estuvieron comprendidos entre 2,70 y 7,40 mg. kg⁻¹. Los suelos de los sitios I-N2 y M-N1 son considerados como salino-sódicos (valores de CE mayores a 4 dS.m⁻¹ y de PSI mayores a 15%). En el caso de los sitios M-P4 y M-P5, los suelos son clasificados como salinos, y en el sitio M-P1 como sódico. Los suelos de los sitios restantes son considerados como no salinos y no sódicos (I-N1, M-P2 y M-P3) (Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades edáficas y frecuencia relativa de *L. tenuis* en ocho pastizales halomórficos de Chascomús (Buenos Aires).

Sitio	Tipo de pastizal	Suelo	pH	PSI (%)	Na ⁺ (meq.100g ⁻¹)	K ⁺ (meq.100g ⁻¹)	Ca ²⁺ (meq.100g ⁻¹)	Mg ²⁺ (meq.100g ⁻¹)	P disponible (mg.kg ⁻¹)	Fr <i>L. tenuis</i>
I-N1	natural	Natracuol	6,11	4,51	0,51	1,26	7,21	2,19	3,96	16,75
I-N2	natural	Natracualf	8,33	22,56	4,35	2,54	7,39	4,81	4,09	21,43
M-P1	promoción	Albacualf	7,36	17,64	2,45	1,05	7,08	3,26	7,38	14,61
M-P2	promoción	Natracuol	7,40	12,94	1,82	1,00	9,91	3,05	4,10	33,98
M-P3	promoción	Natracuol	6,01	2,68	0,32	1,56	8,31	2,01	4,12	48,45
M-P4	promoción	Natracualf	8,29	13,59	2,88	1,43	13,48	3,43	5,90	38,35
M-P5	promoción	Natracualf	8,09	13,04	3,05	1,55	14,35	4,62	4,48	30,79
M-N1	natural	Natracualf	9,42	25,83	4,02	1,77	5,93	3,79	2,74	15,71

El estudio de taxonomía de esporas presentes en los suelos estudiados permitió la identificación de veintidós especies de HMA en el suelo rizosférico de *L. tenuis* que se agruparon en siete familias y cuatro de ellas (Glomeraceae, Claroideoglomeraceae, Acaulosporaceae y Diversisporaceae) presentaron la mayor densidad de esporas. Glomeraceae fue la única familia presente en todos los sitios, siendo *Funneliformis mosseae*, la única especie descrita en todos los ambientes, independientemente de las propiedades del suelo y del manejo.

A partir de un ACP se relacionan las propiedades del suelo con los índices H, R y E de las comunidades de HMA (Fig. 1). Los CP1 y CP2 explicaron el 81,4% de la varianza total de los datos. I-N1 (no salino-no sódico) fue el sitio con mayor R, H y E. M-N1 se asoció con valores mayores de pH y PSI e índices menores. El resto de los sitios se ubicaron linealmente entre ambos pastizales naturales. Los tres índices se relacionaron positivamente con la disponibilidad de P (Fig. 1).



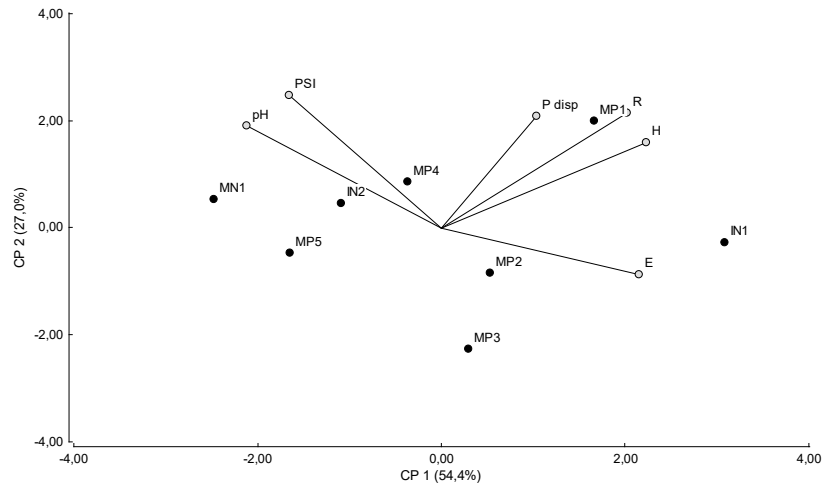


Figura 1. Análisis de componentes principales (ACP) que vincula las propiedades edáficas con los índices diversidad (H), riqueza (R) y equitatividad (E) de las comunidades de hongos micorrícicos arbusculares determinados en suelos de ocho pastizales halomórficos de Chascomús (Buenos Aires).

El porcentaje de colonización por HMA en las raíces de *L. tenuis* fue similar entre sitios y alcanzó valores desde 82% (M-P4) hasta 97% (M-N1). El porcentaje de colonización por HMA correlacionó positivamente con pH y PSI en pastizales (pH: $r=0,69$, $P=0,004$; PSI: $r=0,68$, $P=0,005$) y negativamente en sitios con promoción de *L. tenuis* (pH: $r=-0,48$, $P=0,015$; PSI: $r=-0,45$, $P=0,025$).

Debido a que la familia Glomeraceae fue la única que se encontró en todos los sitios estudiados, se abordó el estudio de la diversidad e identidad genética de representantes por dicha familia mediante la estrategia Polimorfismo Conformacional de Cadena Simple (SSCP por las siglas en inglés de *Single-stranded conformation polymorphism*). El patrón de bandas (cuyo número osciló entre 21-37) obtenido en el gel permitió visualizar la variabilidad genética de los HMA glomoides en los suelos estudiados (Fig. 3a). El índice de diversidad calculado (Wetzel et al. 2018) en base a dicho patrón (H'^{SSCP}) se mantuvo en el rango 2,8-3,5 y fue, en general, similar para todas las situaciones estudiadas. Sin embargo, se detectó un mayor número de bandas para los sitios M-P5 y M-N1 lo que resultó en un índice H'^{SSCP} ligeramente superior al de los demás (3,5). Es necesario destacar que los valores de H son superiores a los determinados con la misma técnica en suelos agrícolas no halomórficos y con mayores niveles de P disponible de la provincia de Buenos Aires (Thougnon Islas et al. 2016). Si bien el índice H obtenido por taxonomía morfológica para la familia Glomeraceae también reveló un valor mayor para el sitio M-P5 (Fig. 2), se obtuvieron valores menores para el M-N1, lo que no coincide con lo determinado por el H'^{SSCP} .

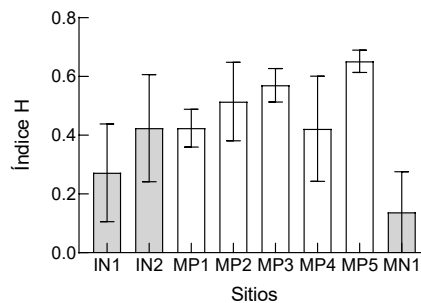


Figura 2. Índice diversidad (H) calculado en función de la densidad de esporas de la familia Glomeraceae determinadas en suelos de ocho pastizales halomórficos de Chascomús (Buenos Aires).

El análisis de similitud de bandas generó un dendrograma que mostró que los patrones no se agruparían de manera particular por sitio o por manejo. En este sentido, puede observarse (Fig. 3b) que los patrones de



bandas de los sitios con promoción en Manantiales (M-P1, M-P2 y M-P3) agruparon por similitud con uno de los Naturales de Intech (I-N2), mientras que el otro (I-N1) agrupó tanto con las promociones como con otro pastizal natural de Manantiales.

Las secuencias obtenidas se contrastaron tanto con las de mayor similitud publicadas en la base del NCBI, así como con secuencias aportadas por otros estudios que se corresponderían con las especies de la familia Glomeraceae y con una perteneciente a la familia Gigasporaceae encontradas en nuestro estudio. El árbol filogenético (Fig. 4c) reveló, tal como se esperaba, baja similitud con la secuencia de *Scutellospora fulgida*, perteneciente a la familia Gigasporaceae debido a que los cebadores utilizados en este estudio no amplificarían parte de la LSU rDNA, por lo que dicha secuencia podría ser considerada un outgroup. Según Kjølner et al. (2000) y Rosendahl y Stukenbrock (2004) los cebadores utilizados amplificarían parte de la región ribosomal mayor de especies de HMA tales como *F. mosseae*, *F. caledonius* y *F. geosporus*. En este sentido, puede evidenciarse que las secuencias obtenidas de las raíces colonizadas en Manantiales, particularmente ante promoción de *L. tenuis*, presentaron alta similitud tanto con las especies mencionadas, así como con especies detectadas en este estudio por taxonomía morfológica (*Septoglomus constrictum*, *Claroideoglosum lamellosum*, *Rhizophagus clarum* (ex *Glomus clarum*). El resto de las secuencias agruparon preferencialmente entre sí evidenciándose en algunos casos alta similitud ante un mismo sistema de manejo.

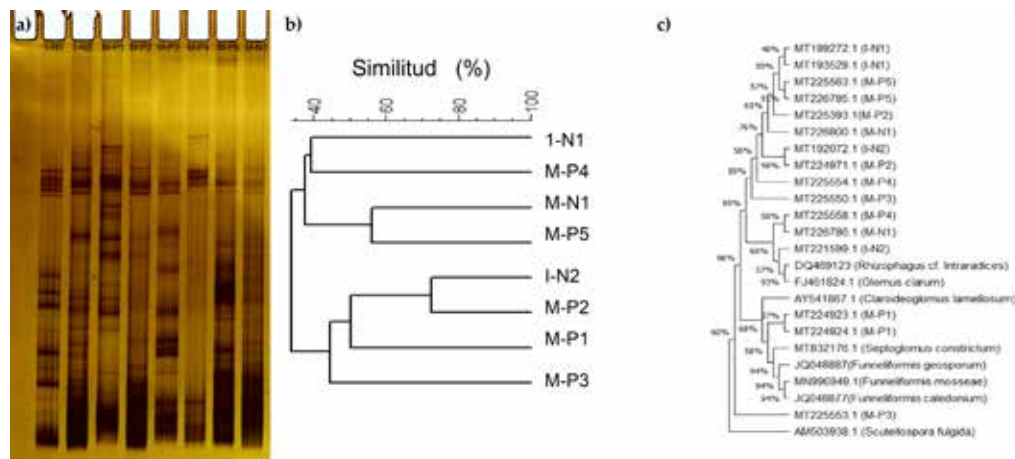


Figura 3. Para amplicones del dominio variable D1 de la región 28S rDNA de hongos micorrícicos arbusculares glomoides nativos de suelos halomórficos de la Provincia de Buenos Aires: (a) Patrones de bandas obtenidos por la estrategia Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)-Polimorfismo Conformacional de Cadena Simple (PCR-SSCP), (b) Dendrograma de similitud construido a partir de los patrones obtenidos por PCR-SSCP y (c) Árbol filogenético construido con un análisis de máxima parsimonia de los taxones estrechamente relacionados de acuerdo al NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), con las secuencias obtenidas de amplicones migrantes en gel PCR-SSCP.

Sitios de referencia: I-N1, I-N2, M-P1, M-P2, M-P3, M-P-4, M-P5 y M-N1: Intech (I) o Manantiales (M), seguido del manejo del pastizal: Natural (N) o Promoción (P), números corresponden a diferentes sitios.

En árbol filogenético, cada referencia de letras y números seguida por paréntesis conteniendo letras y números corresponden al número de acceso al NCBI de las secuencias obtenidas este estudio y el sitio de referencia. Número de acceso seguidos por paréntesis con nombre de especie corresponden a secuencias de otros estudios depositadas en el NCBI.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio, tanto de taxonomía morfológica así como los obtenidos por la estrategia SSCP, indicarían que el manejo que incluye la promoción de *L. tenuis* en pastizales naturales no ocasiona cambios evidentes en la estructura de las comunidades de HMA nativos de la Cuenca del Salado. Las raíces de *L. tenuis* se encuentran altamente colonizadas en todos los sitios independientemente de las propiedades edáficas o el manejo y además mantienen una diversidad de HMA elevada tanto en el suelo rizosférico como en el tejido radical. Además, la ausencia de depresión de la diversidad de HMA en sistemas con menor di-

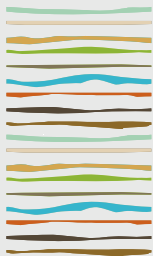


versidad vegetal, tal como los de la promoción de *L. tenuis*, sugerirían alta resiliencia de los HMA y una gran adaptabilidad a las condiciones edáficas en los pastizales naturales. En este sentido, se postula a *L. tenuis* como una especie capaz de mantener la diversidad de los HMA nativos, por ende es necesario el desarrollo de prácticas agronómicas que permitan preservar a esta especie con frecuencias relativas altas dentro de la comunidad vegetal.

BIBLIOGRAFÍA

- Baral, K; A Giri; PK Shah; K Kemmelmeier; SL Stürmer; S Gyawali & JK Raut. 2021. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) in adjacent areas of different land use in Nepal. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. 15(01):141–150.
- Bray, RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
- Cahuépe, M. 2004. Does *Lotus glaber* improve beef production at the Flooding pampas? Lotus Newsl. 34: 38–43.
- Chapman, HD. 1965 Cation exchange capacity. En: Methods of soil analysis, part 2, 2nd edn. Black CA (ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wis., pp 891-901.
- Chippano, T; I García; N Cofré & R Mendoza. 2020. Forage biomass yield and arbuscular mycorrhizal symbiosis in legume and C3 and C4 grasses under increasing soil P availability. Crop Pasture Sci. 71(10): 907–915.
- Chippano, T; R Mendoza; N Cofré & I García. 2021. Divergent root P uptake strategies of three temperate grassland forage species. Rhizosphere. 17: 100312.
- Covacevich F; K Hernández Gujjarro; EM Crespo; E Lumini; MS Rivero Mega & MA Lugo 2021. Arbuscular Mycorrhizal Fungi from Argentinean Highland Puna Soils Unveiled by Propagule Multiplication. Plants 10 1803.
- Daniels, N & H Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. En: Methods and Principles of Mycorrhizal Research. Schenck NC (ed.). American Phytopathology Society. St. Paul, MI, USA, pp. 29-35.
- García, IV & RE Mendoza. 2008. Relationships among soil properties, plant nutrition and arbuscular micorrhizal fungi plant symbioses in a temperate grassland along hydrologic, saline and sodic gradients. FEMS Microbiol Ecol. 63(3): 359-371.
- Kjøller R & S Rosendahl. 2000. Detection of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales) in roots by nested PCR and SSCP (Single Stranded Conformation Polymorphism). Plant and Soil 226: 189–196.
- Mc Gonigle, TP; MH Miller; DG Evans; GL Fairchild & JA Swan. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 115: 495-501.
- Rosendahl S & EH Stukenbrock. 2004. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi in undisturbed vegetation revealed by analyses of LSU rDNA sequences. Mol. Ecol., 13, 3179–3186
- Thoughon Islas, AJ; K Hernandez Gujjarro; M Eyherabide; HR Sainz Rozas & HE Echeverria. 2016. Can soil properties and agricultural land use affect arbuscular mycorrhizal fungal communities indigenous from the Argentinean Pampas soils?. Applied Soil Ecol. 101(1): 47-56.
- Wetzel K; G Silva; U Matczinski; F Oehl & T Fester. 2014. Superior differentiation of arbuscular mycorrhizal fungal communities from till and no-till plots by morphological spore identification when compared to T-RFLP. Soil Biol. Biochem. 72, 88–96.





IMPACTO DE NANOFERTILIZANTES EN LA MICORRIZACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE MEDICAGO TRUNCULATA

Giachero, M. L.^{1,2,4}; Marquez, N.^{1,2,4}; Ranieri, V.^{1,2,4}; Ciacci, M. B.^{1,3,5}

¹ INTA-CIAP,

² IPAVE,

³ IFRGV,

⁴ CONICET-UFYMA,

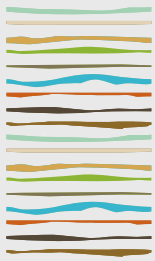
⁵ CONICET-UDEA,

RESUMEN

Se ha corroborado que, la aplicación de nanopartículas de selenita (NPS), mejora no sólo el desarrollo vegetal sino también beneficia el microbioma del suelo. Particularmente en el suelo se encuentran los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), que forman simbiosis con las raíces de la mayoría de las plantas, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes, lo que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo para el cultivo. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de nanopartículas de selenita (NPS) en la micorrización y el crecimiento inicial de plántulas de *Medicago truncatula* bajo condiciones in vitro. Se llevaron a cabo 2 tratamientos: Control con medio MSR (MSR) y tratadas con NPS (MSR + 10 µl/l de MIST TPS 78). Todos los sistemas in vitro fueron inoculados con un taco de MSR (0.5 cm Ø) conteniendo 100 esporas de *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833, y mantenidos a 25°C con un fotoperiodo de 16 h Luz/ 8 h oscuridad. Se evaluaron 5 plantas por tratamiento. A los 41 días se midieron parámetros de crecimiento: peso fresco (g) (PFA), porcentaje de arbusculos (A%) porcentaje de micorrización total (M%), y porcentaje de calcio foliar (Ca %). Los resultados mostraron diferencias significativas en el tratamiento con NPS en el PFA (+25%); A% (+188%) y en el M% (+186%) con respecto al control. Además, el contenido de calcio tiende a aumentar con el tratamiento NPS. Estos resultados sugieren, que el uso de NPS mejorarían la micorrización y actuarían sinérgicamente con los HMA, aumentando el crecimiento inicial de *Medicago truncatula*.

Palabras clave: hongos micorrícicos arbusculares, nanofertilizantes, micorrizas





RESPUESTA DEL MICROBIOMA DE SUELOS ÁRIDOS DE PATAGONIA AL CESE DE VERTIDOS DE EFLUENTES PESQUEROS

Giudici, P.¹, M. Marcos^{1,*}, N. Olivera¹

¹ Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

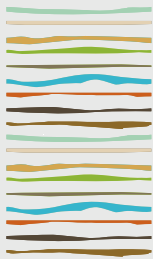
Bvrd. Brown 2915 - (U9120ACD) Puerto Madryn, Chubut, Argentina. magali@cenpat-conicet.gob.ar

RESUMEN

La crisis hídrica es una problemática ambiental a nivel mundial que requiere repensar fuentes alternativas de agua para diferentes usos, en especial para la actividad agrícola. Una posibilidad es considerar los efluentes generados en la industria pesquera a partir del procesamiento de sus productos para irrigación. Sin embargo, estudios previos sugieren que los mismos podrían afectar la diversidad de las comunidades procariotas del suelo, y promover grupos copiotróficos (que crecen rápidamente en ambientes ricos en nutrientes) en detrimento de grupos oligotróficos (presentes en ambientes pobres en nutrientes). El objetivo de este trabajo fue evaluar si el efecto del cese de vertido de efluentes pesqueros revierte los cambios observados en las características fisicoquímicas y el microbioma del suelo con cobertura de plantas nativas en un ecosistema árido de Patagonia. Para ello, se comparó un sitio que fue expuesto al vertido de efluentes pesqueros hasta el año 2017 (Ef1) con el mismo sitio cuatro años después del cese de vertidos (Ef2). En el suelo de ambos sitios se determinó: humedad, textura, pH, conductividad eléctrica (CE), y porcentajes de carbono orgánico, total, y nitrógeno total. Además, se amplificó y secuenció el fragmento V4 del gen ARNr 16S en ADN extraído del suelo, lo que permitió conocer la composición y estimar la riqueza (índices de Chao1 y ACE) y la diversidad (índice de Shannon) procariota en las muestras. Se comparó también la abundancia relativa de filos oligotróficos (Acidobacteria, Chloroflexi, Planctomycetes, y Verrucomicrobia) y copiotróficos (Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, y Proteobacteria) entre Ef1 y Ef2. Cuatro años luego del cese de vertido de efluentes, la humedad del suelo disminuyó y el porcentaje de arena aumentó significativamente ($p < 0,05$), mientras que las restantes variables no difirieron significativamente. Los estimadores de riqueza ACE y Chao1 (que se ven influenciados principalmente por los grupos de baja abundancia) incrementaron significativamente en Ef2 ($p < 0,05$), pero no así el índice de Shannon ($p > 0,05$), sugiriendo un aumento en el número de grupos procariotas de abundancias relativamente bajas, sin afectar a los grupos procariotas dominantes. En relación a la composición de la comunidad, se detectaron tres filos de Arquea y 24 de Bacteria, siendo los dominantes Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria y Actinobacteria. Las abundancias relativas de oligotróficos en general, y de los filos Chloroflexi y Planctomycetes en particular, incrementaron significativamente ($p < 0,05$) en Ef2 respecto a Ef1. El grupo copiotrófico no presentó diferencias significativas en sus abundancias relativas entre Ef1 y Ef2, aunque el filo Actinobacteria aumentó significativamente en Ef2. En conjunto, estos resultados sugieren que los cambios que habían sido observados en la comunidad procariota producto del aporte de efluentes al suelo no son permanentes, y que dicha comunidad tiene la capacidad de recuperar al menos en parte su biodiversidad. Así, este estudio aporta información de base relevante al evaluar el potencial de efluentes pesqueros como fuentes alternativas de agua para riego.

Palabras clave: biodiversidad procariota, perturbación antrópica, industria pesquera.





ESTUDIO DE LA COMUNIDAD MICROBIANA DEL SUELO EN PARCHES DEL ARBUSTO HALÓFILO *ATRIPLEX LAMPA*

Giudici, P.¹, M. Marcos^{1,*}, N. Olivera¹

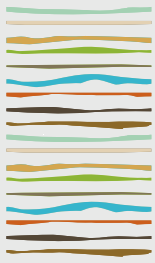
¹ Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).
Bvrd. Brown 2915 - (U9120ACD) Puerto Madryn, Chubut, Argentina. magali@cenpat-conicet.gob.ar

RESUMEN

Los suelos áridos en la Patagonia extra andina presentan características como baja disponibilidad de agua y nutrientes lo cual limita el crecimiento vegetal. Además, en las zonas costeras, la elevada salinidad producto de la exposición a frentes costeros incrementa la hostilidad del ambiente y dificulta el crecimiento de plantas. Los microorganismos rizosféricos contribuyen con las plantas para hacer frente a las condiciones ambientales desfavorables. No obstante, es escasa aún la información sobre el microbioma de plantas nativas de Patagonia. El objetivo de este trabajo fue analizar las comunidades procariotas rizosféricas de dos poblaciones costeras del arbusto halófilo *Atriplex lampa*, una en suelos salinos y otra en dunas. Bajo parches de *A. lampa* seleccionados al azar, se recolectaron cinco muestras (perfil 0-10 cm) de suelo en una zona cercana a la Ciudad de Puerto Madryn (Ac), y cinco muestras de sedimentos de dunas costeras en playa Kaiser (Du). En las muestras se determinó el contenido de humedad, textura, pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, carbono total y nitrógeno total. Además, se extrajo el ADN total, para luego amplificar y secuenciar el fragmento V4 del gen ARNr 16S. Los sedimentos de las dunas presentaron un porcentaje de humedad, C orgánico, C total y N total significativamente menor que los de suelos costeros, indicando una menor disponibilidad de recursos para los microorganismos. Aun así, no se observaron diferencias significativas en los índices de riqueza y diversidad (Chao1, ACE y Shannon) entre ambos ambientes. La composición y estructura de la comunidad procariota asociada a los parches fue consistente entre sitios, siendo Proteobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, Gemmatimonadetes, Chloroflexi, Planctomycetes, Verrucomicrobia, Acidobacteria y Thaumarchaeota los filos más abundantes. De ellos, los ocho primeros filos formaron parte del microbioma núcleo compartido entre Ac y Du (es decir, aquellos grupos presentes en más del 90 % de las muestras en una abundancia relativa mayor al 1%). En niveles taxonómicos inferiores, los grupos compartidos en el microbioma núcleo disminuyeron (4 familias, 3 géneros y ningún OTU- unidades taxonómicas operativas). Estos resultados sugieren que las características de los distintos ambientes estudiados afectaron significativamente a la comunidad núcleo de la rizósfera de *A. lampa*, reduciéndola a ninguno o solo a unos pocos taxones microbianos. Por otra parte, un estudio de microorganismos bioindicadores (IndVal) permitió establecer que 11 familias en Ac y 29 en Du se asociaron a cada uno de estos ambientes en particular. En Du las familias bioindicadoras correspondieron a grupos microbianos halófilos o halotolerantes nativos de ambientes costeros marinos, mientras que en Ac se detectaron microorganismos oligotróficos, fotótrofos o capaces de tolerar condiciones de sequía y temperaturas extremas, entre otras características. Profundizar en el análisis sobre el microbioma vinculado a los parches de *A. lampa* podría develar interacciones relevantes entre la planta y los microorganismos, tales como la presencia de bacterias promotoras de crecimiento vegetal que pudieran dar a la planta mayor tolerancia bajo condiciones ambientales de sequía y salinidad elevada.

Palabras clave: microbioma, suelos costeros, dunas costeras.





EFECTO DE LEGADO DE LAS PLANTACIONES DE PINO EN EL SUELO DE ESTEPA

Gonzalez-Polo, M.^{1*}, I.A. Garibotti¹, M.P. Crego², P.S. Satti¹

¹ INIBIOMA, CONICET-UNCO;

² Universidad Nacional del Comahue; *Quintral 1250, Bariloche, Provincia de Río Negro, Argentina

RESUMEN

Algunas prácticas de restauración pueden involucrar la remoción de especies exóticas, intentando recomponer el sistema a su estado natural original. Sin embargo, muchas veces el impacto de las especies exóticas persiste luego de ser removidas del ecosistema, siendo necesario conocer este “efecto de legado” para evaluar la necesidad de otras subsecuentes posibles acciones para la restauración. En Patagonia, las zonas semiáridas y el ecotono bosque-estepa, han sido aprovechadas para la implantación de forestaciones de coníferas exóticas de rápido crecimiento. El objetivo del trabajo es comprender el efecto de la forestación con pinos, y el posible efecto de legado en propiedades y procesos en el suelo relacionados con el reciclado de C y nutrientes. Para ello, se trabajó en dos pinares y su área circundante de vegetación natural de estepa. En cada uno se estableció un ensayo de trasplante recíproco de suelos, con un diseño factorial entre ambiente (Pinar o Estepa) y origen (suelo proveniente de pinar o de estepa). Los testigos se incubaron 2 años y medio en el campo, y las variables respuesta analizadas fueron: humedad gravimétrica, nitrato y amonio, C en biomasa microbiana, y actividad enzimática del suelo. Los principales resultados muestran diferencias entre los pinares, observándose que en el pinar de menor fertilidad y más seco hay un fuerte efecto del origen el suelo en la disponibilidad de nitrógeno inorgánico y el C de la biomasa microbiana, mientras que el ambiente afecta también la humedad del suelo y la actividad beta-glucosidasa en los dos pinares. En resumen, las propiedades del suelo y las comunidades microbianas del suelo muestran una baja tasa de velocidad de cambio, ya que se mantiene el efecto del origen del suelo luego de 2 años y medio de realizado el disturbio (trasplante a otro ambiente en este caso), sugiriendo la existencia de efecto de legado de los pinares en la dinámica microbiana del suelo.

Palabras clave: biomasa microbiana, actividad beta-glucosidasa, nitratos, amonio

INTRODUCCIÓN

La implementación de estrategias de restauración adecuadas es una necesidad para responder a la degradación ambiental creciente a nivel mundial (United Nations declaration of the Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030). Algunas prácticas de restauración involucran la erradicación o remoción de especies exóticas, ya sea que hayan llegado por un proceso de invasión o por cambios en el uso de la tierra. Se asume que una vez que las especies exóticas son eliminadas del ecosistema, su efecto inmediatamente disminuirá o será anulado, recuperándose entonces el sistema a su estado natural original. Sin embargo, muchas veces existe un “efecto de legado” que significa que los cambios bióticos y abióticos producidos por las especies exóticas persisten aun luego de que han sido removidas del ecosistema (Elgersma et al. 2011, Hannula et al. 2021); este efecto ha sido muy estudiado durante las últimas tres décadas (Cuddington 2011). Por ejemplo, se han observado aumentos de pH y cambios en la disponibilidad de nitratos, posiblemente por aumento de la nitrificación en sitios clareados respecto al sitio de referencia (Elgersma et al. 2011). Otros estudios muestran cambios en la composición de la comunidad microbiana en los sitios invadidos, lo que afecta la supervivencia de las plantas nativas (Pickett et al. 2019).



En zonas semiáridas y el ecotono bosque-estepa de la Patagonia, la implantación de forestaciones de coníferas exóticas de rápido crecimiento fue una práctica común en los años 70, ocupando en la actualidad un área de 100.000 ha (85% de esta superficie corresponde a *Pinus ponderosa*), y con una tasa de crecimiento cercana a 800 ha año⁻¹ (Chauchard et al. 2016). Estudios previos en la región han mostrado que estas aforestaciones alteran la cantidad y calidad de la materia orgánica que ingresa al suelo, modificando las tasas de circulación de carbono y nutrientes del ecosistema (Gonzalez-Polo et al. 2019), lo que es similar a resultados observados en otras partes del mundo (Li et al. 2014, Yang et al. 2018). Actualmente existe un creciente interés de la sociedad en conservar los ecosistemas nativos, y se considera la remoción de estas especies exóticas como práctica de restauración ecológica, sin embargo, se desconoce el posible efecto legado de estas aforestaciones, lo cual resulta de primordial importancia para la toma de decisiones que garanticen el éxito de la restauración.

El objetivo del presente trabajo es comprender el efecto de la aforestación con pinos y el posible efecto de legado en propiedades y procesos en el suelo relacionados con el reciclado de C y nutrientes en un área del noroeste de la Patagonia. Para ello se realizó un ensayo a campo de trasplante recíproco de suelo entre ambientes forestados y naturales de estepa, emulando los cambios que se producirían con la tala rasa, forzando a las comunidades de organismos del suelo a aclimatarse o adaptarse a la nueva condición.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estancia Fortín Chacabuco (40° 59' S, 71° 8' O) ubicada al suroeste de la provincia de Neuquén e inmersa en el Parque Nacional Nahuel Huapi. Las temperaturas medias anuales no superan los 10°C y predominan los vientos secos del O. Las precipitaciones medias anuales varían entre 300 y 700 mm, con una marcada estacionalidad dada por precipitaciones concentradas en otoño-invierno (Buduba et al. 2011). La vegetación corresponde a una estepa gramínea dominada por *Papostipa speciosa* y *Festuca pallens* (Gaitán and López 2007).

Se eligieron 2 pinares y sus zonas aledañas de vegetación natural de estepa. En cada pinar se realizaron trasplantes recíprocos de testigos de suelo (10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro), según un diseño experimental factorial entre Ambiente (Pinar o Estepa) y Origen (suelo proveniente del pinar o de estepa). Para esto en cada parcela se removieron testigos de suelo (10 cm de profundidad por 10 cm de diámetro) para establecer los siguientes tratamientos:

- 1) suelo origen Pinar, ambiente Pinar
- 2) suelo origen Pinar, ambiente Estepa
- 3) suelo origen Estepa, ambiente Estepa
- 4) suelo origen Estepa, ambiente Pinar

En total se trabajó con 48 testigos correspondientes a los 2 pinares, 6 réplicas por ambiente, y 4 tratamientos. Los testigos se incubaron 2 años y medio en el campo y al final de ese período se determinó la humedad gravimétrica, nitrato y amonio (Keeney and Nelson 1982), C en biomasa microbiana, y actividad enzimática del suelo. El C en biomasa microbiana se determinó mediante la técnica de Fumigación-Extracción con cloroformo (Vance et al. 1987) y la determinación de C en el extracto se realizó por digestión con dicromato de potasio. Las actividades enzimáticas medidas fueron: la actividad beta-glucosidasa, relacionada con la obtención de C, y la fosfatasa ácida relacionada con la mineralización de P, utilizando métodos colorimétricos (Sinsabaugh et al. 1999). Los datos se analizaron con ANOVA de dos factores utilizando el Statistica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, se observan diferencias entre los pinares en la fertilidad y humedad del suelo, siendo el pinar 2 más seco y con menor disponibilidad de nitrato y amonio que el pinar 1 (Fig 1). Estas diferencias pueden estar relacionadas con su posición geográfica, en tanto que el pinar 1 se ubica al oeste del pinar 2, a lo largo del gradiente de precipitaciones que caracteriza la región.



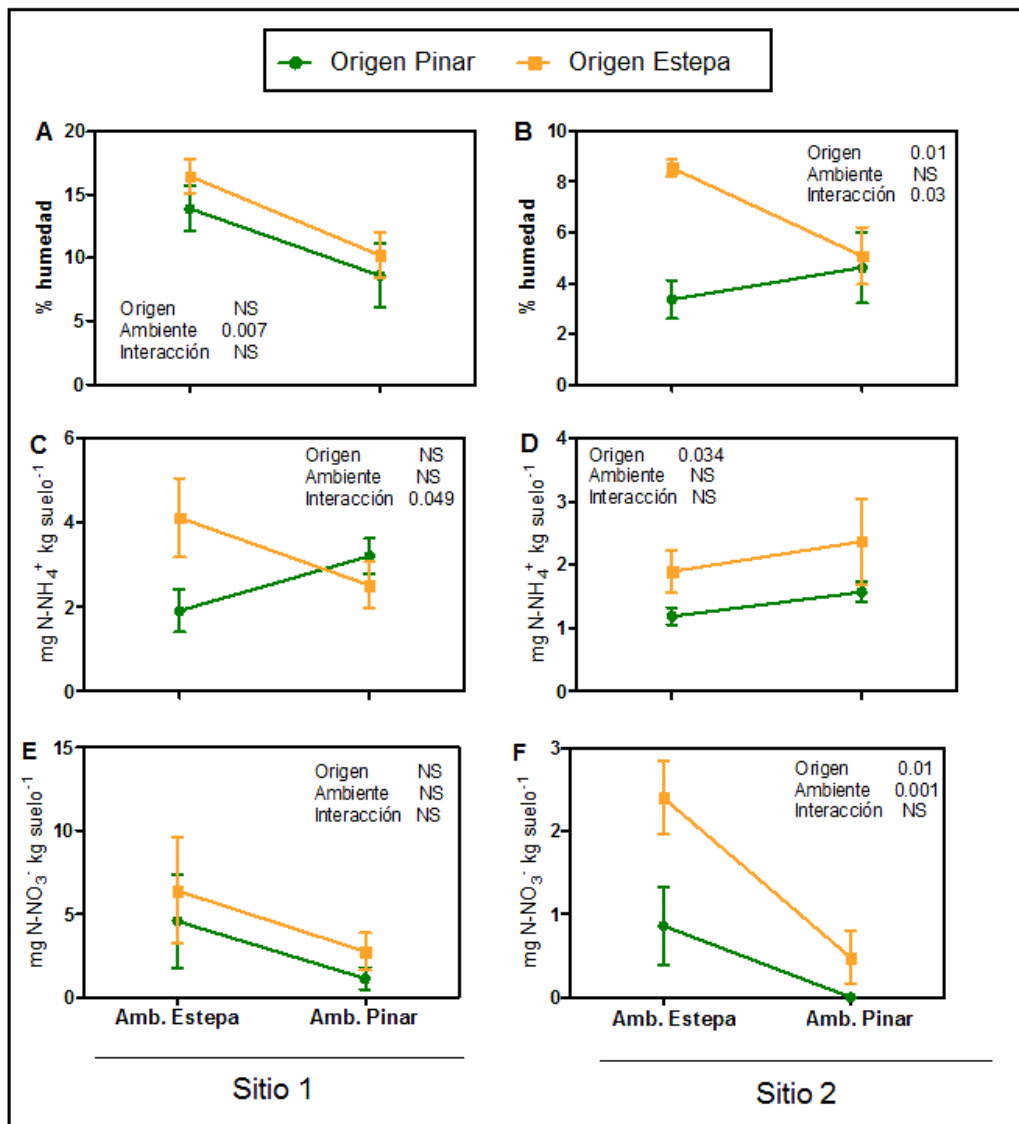


Figura 1. Medias y error estándar de las determinaciones en los dos pinares (1 y 2) en el suelo bajo Pinar y en la estepa de A y B) Humedad, B y C) Amonio, y E y F) Nitratos. Se indican los resultados del ANOVA de dos factores (Ambiente-Origen).

Luego de dos años y medio de incubación en el campo, se observó un efecto del ambiente o su interacción con el origen en ambos sitios para la humedad del suelo (Fig.1 A y B). En esta variable, es esperable un fuerte efecto del ambiente ya que este determina la pérdida de humedad del suelo. Por el contrario, el efecto del origen del suelo fue claro solo en el sitio 2 para la disponibilidad de amonio y nitrato (Fig.1 C, D, E y F). Mientras que el ambiente tuvo efecto en el sitio 2, disminuyendo la disponibilidad de nitrato en el ambiente de pinar. Esto sugeriría que las poblaciones microbianas encargadas de la nitrificación son más sensibles al cambio.

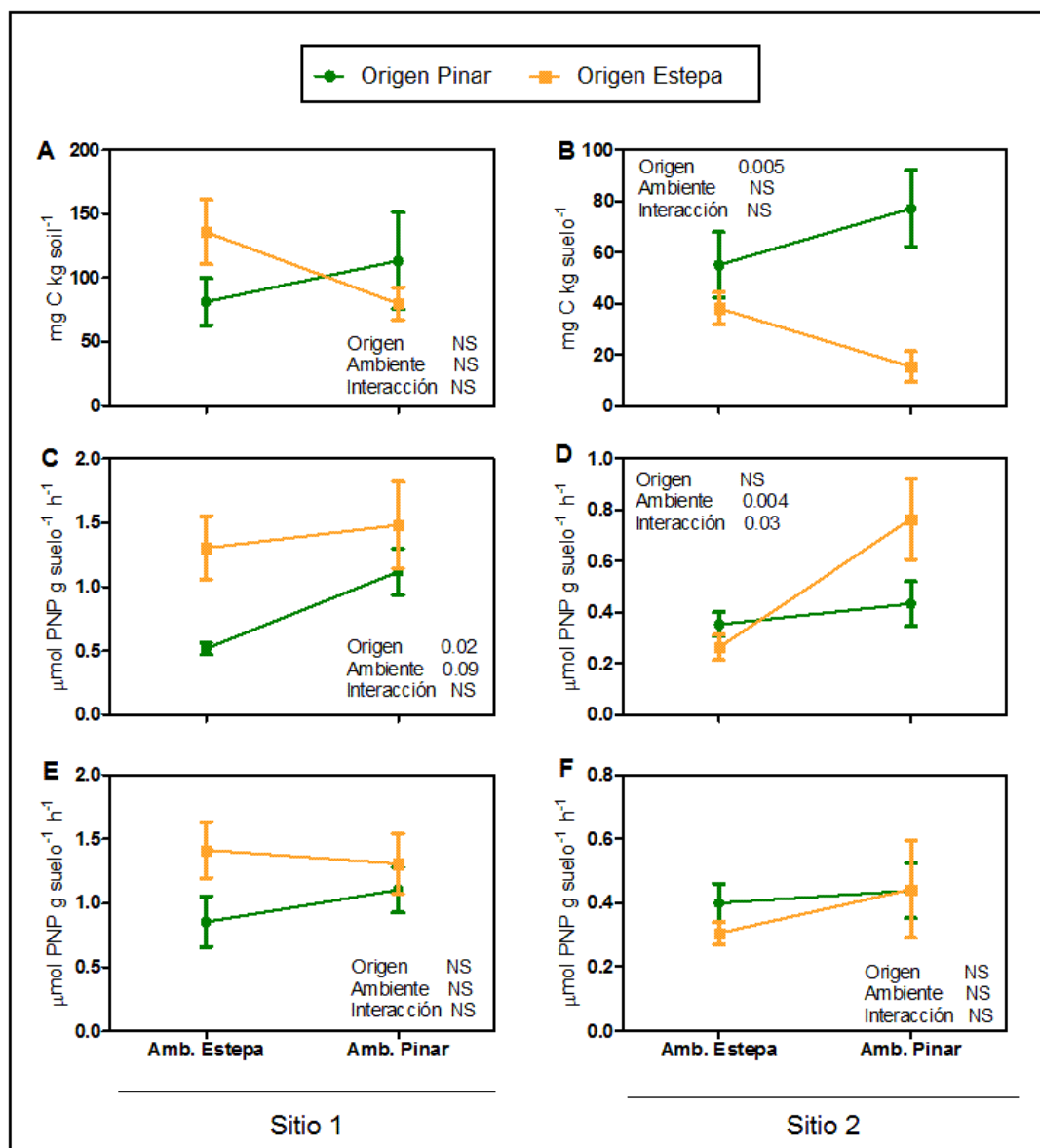


Figura 2. Medias y error estándar de las determinaciones en los dos sitios (1 y 2) en el suelo bajo Pinar y en la estepa: A y B) C en Biomasa microbiana, B y C) Actividad beta-glucosidasa, y E y F) Actividad Fosfatasa ácida. Se indican los resultados del ANOVA de dos factores (Ambiente-Origen).

La biomasa microbiana solo estuvo influenciada por el origen del suelo en el sitio 2 (Fig.2 A y B). Por el contrario, la actividad beta-glucosidasa mostró un efecto del origen el suelo y también un efecto del ambiente (solo o en interacción con el origen; Fig.2 C y D). Finalmente, la actividad fosfatasa ácida no mostró cambios por el efecto ambiente o efecto origen (Fig.2 E y F). Estos resultados muestran que el pool de la biomasa microbiana no cambia con el disturbio, pero su actividad en relación a la degradación de C está regulada por las condiciones ambientales.

Esta información contribuirá a predecir la respuesta de procesos biogeoquímicos en el suelo ante la situación de tala rasa de los bosques implantados y evaluar posibles prácticas de manejo del suelo que puedan contribuir a la restauración ecológica.

CONCLUSIONES

Las propiedades del suelo y las comunidades microbianas del suelo muestran una baja tasa de velocidad de cambio, en particular en el sitio de menor fertilidad y humedad, ya que se mantiene el efecto del origen del suelo luego de 2 años y medio de realizado el disturbio (trasplante a otro ambiente en este caso).

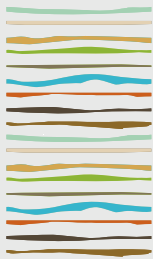
AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por: Proyectos y Programas de Investigación de la Universidad Nacional del Comahue, Resolución N°0081/2022.

BIBLIOGRAFÍA

- Buduba, C., S. Bobadilla, M. Escalona, N. Hansen Roses, and G. Lexow. 2011. Ensayo de implantación de pastura en bosque de pino ponderosa. *Ciencia e Investigación Forestal* **17**:277-282.
- Cuddington, K. 2011. Legacy Effects: The Persistent Impact of Ecological Interactions. *Biological Theory* **6**:203-210.
- Chauchard, L., M. C. Frugoni, and C. Nowak. 2016. Manejo de plantaciones forestales en Patagonia Andina: manual de buenas prácticas. Ministerio de Agroindustria.
- Elgersma, K. J., J. G. Ehrenfeld, S. Yu, and T. Vor. 2011. Legacy effects overwhelm the short-term effects of exotic plant invasion and restoration on soil microbial community structure, enzyme activities, and nitrogen cycling. *Oecologia* **167**:733-745.
- Gaitán, J. J., and C. R. López. 2007. Análisis del gradiente edáfico en la región Andinopatagónica. *Ciencia del Suelo* **25**:53-63.
- Gonzalez-Polo, M., H. A. Bahamonde, P. L. Peri, M. J. Mazzarino, C. Fariña, and G. Caballé. 2019. Soil microbial processes in a pine silvo-pastoral system in NW Patagonia. *Agroforestry Systems* **93** 255-266.
- Hannula, S. E., R. Heinen, M. Huberty, K. Steinauer, J. R. De Long, R. Jongen, and T. M. Bezemer. 2021. Persistence of plant-mediated microbial soil legacy effects in soil and inside roots. *Nature Communications* **12**:5686.
- Keeney, D. R., and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. Pages 643-698 in R. H. Miller and D. R. Keeney, editors. *Methods of Soil Analysis, Part 2* Madison, WI.
- Li, M., X. Zhou, Q. Zhang, and X. Cheng. 2014. Consequences of afforestation for soil nitrogen dynamics in central China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **183**:40-46.
- Pickett, B., I. C. Irvine, E. Bullock, K. Arogyaswamy, and E. Aronson. 2019. Legacy effects of invasive grass impact soil microbes and native shrub growth. *Invasive Plant Science and Management* **12**:22-35.
- Sinsabaugh, R. L., M. J. Klug, H. P. Collins, P. E. Yeager, and S. O. Petersen. 1999. Characterizing soil microbial communities. Pages 318-348 in P. G. Robertson, D. C. Coleman, C. S. Bledsoe, and P. Sollins, editors. *Standard soil methods for long-term ecological research*. Oxford University Press, New York.
- United Nations declaration of the Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030 <https://www.decadeonrestoration.org/>.
- Vance, E. D., P. C. Brookes, and D. S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* **19**:703-707.
- Yang, N., L. Ji, Salahuddin, Y. Yang, and L. Yang. 2018. The influence of tree species on soil properties and microbial communities following afforestation of abandoned land in northeast China. *European Journal of Soil Biology* **85**:73-78.





BACTERIAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES EN UN SUELO EN SUCESIÓN DE CULTIVOS ANDINOS DE LA PUNA

Hernández Guijarro, K.^{1,*}, F. Covacevich², G. Caruso³, D.C. Castro⁴

¹ IPADS Balcarce (INTA-CONICET);

² Inst. de Inv. en Biodiversidad y Biotecnología (INBIOTEC-CONICET);

³ Universidad de Salta. Facultad de Ciencias Naturales;

⁴ INTA EEA Abra Pampa, Jujuy.

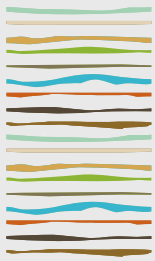
*INTA EEA Balcarce Ruta 226, km 73,5 (7620) Balcarce, Prov. de Bs. As., hernandez.keren@inta.gov.ar

RESUMEN

La producción agrícola sustentable en la Puna cobra relevancia particular en este ambiente debido, fundamentalmente, a que sus suelos poseen bajo contenido de materia orgánica, son altamente susceptibles a la erosión y las condiciones ambientales son extremas a más de 3500 m.s.n.m. Las comunidades microbianas edáficas involucradas en el ciclado de nutrientes y la promoción del crecimiento vegetal desempeñan un rol fundamental para contribuir a la fertilidad del suelo y al aprovechamiento de nutrientes por los cultivos. Teniendo en cuenta su importancia, los estudios sobre las funciones de estos microorganismos son aún insuficientes o nulos en los ecosistemas agrícolas de la Puna. Este trabajo tuvo como objetivo analizar la abundancia de genes microbianos involucrados en el ciclo del Nitrógeno (N) y la formación de micorrizas por hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en cultivos andinos bajo diferentes rotaciones, instalados en un suelo de Abra Pampa, Jujuy. El estudio se realizó a campo, durante dos años, en un lote agrícola manejado con fertilización química, acompañada de la incorporación de guano de llama compostado y riego por goteo. Los tratamientos analizados fueron: suelo A1-rotación papa 2020/quinoa 2021, suelo A2 -rotación quinoa 2020/triticale 2021, suelo GC -debajo del guano compostado sin mezclar y CT -prístino: con vegetación nativa. Cada año se tomaron muestras de suelo (0-20cm) próximo a las raíces de las plantas y se determinó: 1) la abundancia relativa de los genes relacionados con la fijación biológica del N (*nifH*) y la desnitrificación (*nirS* y *nosZ*), mediante PCR cuantitativa en tiempo real (qPCR) y 2) el grado de colonización micorrícica y formación de arbusculos a partir de raíces frescas. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables estudiadas ($p < 0,0094$). Un análisis de similitud entre las funciones biológicas determinadas (genes y colonización micorrícica) mostró que los suelos A1, en sus 2 rotaciones: papa y quinoa, y A2 en quinoa fueron similares entre sí y difirieron de A2 en rotación con triticale, así como del CT y GC. En el suelo A2, la abundancia de *nifH* y el grado de colonización micorrícica fueron significativamente menores en el cultivo de quinoa y mayores en presencia del triticale, asemejándose al CT, que mostró los valores más elevados detectados en nuestro ensayo. El suelo GC mostró diferencias entre años posiblemente por procesos de descomposición de la materia orgánica, recuperando valores similares al CT durante 2021. El suelo CT no mostró diferencias significativas entre años. De manera general, la abundancia de *nifH* estuvo correlacionada positivamente con la colonización micorrícica y negativamente con la abundancia de *nosZ*. Los resultados obtenidos sugieren que las prácticas agrícolas implementadas en este ensayo favorecerían la sinergia entre HMA y bacterias fijadoras del N, lo cual podría potenciar la nutrición y el desarrollo vegetal. Este es el primer reporte sobre bacterias del ciclo del N y su relación con las micorrizas en suelos productivos de la Puna.

Palabras clave: ciclo del N, micorrizas, genes.





APLICACIÓN COMBINADA DE BIOCARBÓN Y DIGERIDO ANAERÓBICO COMO FERTILIZANTE: DINÁMICA DE C, N y P

Iocoli, G.A.^{1*}, L. Orden^{1,3}, M. Garay Schiebelbein¹, M. C. Zabaloy^{1,2}

¹ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca - Argentina;

² CERZOS, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca - Argentina;

³ Estación Experimental Agropecuaria INTA Ascasubi, Ruta 3 Km 794, 8142, Hilario Ascasubi, Buenos Aires 8000, Argentina.

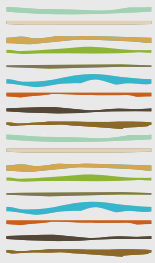
*San Andres 800, Bahía Blanca, Bs. As., gaston.iocoli@uns.edu.ar

RESUMEN

El efecto producido por la incorporación de enmiendas al suelo depende de las interacciones entre estos y el suelo. Los suelos de textura fina generan protección física a la materia orgánica manteniéndola inaccesible para el ataque microbiano. Los "terra preta", suelos antropogénicos enriquecidos en carbono del Amazonas, como otros suelos enmendados con biocarbón presentan baja respiración (emisión de CO₂) comparándolos con suelos adyacentes sin biocarbón. El biocarbón aporta C con gran estabilidad, por lo que sus beneficios pueden durar cientos de años. Los digeridos presentan una alta proporción de nutrientes disponibles, pero bajo contenido de C. En función de esto se planteó como objetivo evaluar la complementariedad agronómica del biocarbón y digerido a través de la dinámica del C, N y P sobre un suelo de textura fina de una zona húmeda. Los materiales utilizados fueron biocarbón obtenido por pirolisis lenta de quebracho blanco, y digerido anaeróbico de purín de cerdo. Se determinó C, N e H, nitrógeno total Kjeldahl (NTK), N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻. Se prepararon microcosmos de suelo superficial (0-20 cm), de textura franco-arcillo-limosa, Argiudol Vértico (serie Ramallo INTA, 1978) de la localidad de San Pedro. Se aplicaron 4 tratamientos: un **control** sin agregados; biochar (**Bio**); digerido de cerdo (**DC**); 50% del NTK como biocarbón + 50% como DC (**Bio+DC**), para proporcionar en todos los tratamientos 65 mg NTK kg⁻¹, y se incubaron los microcosmos durante 119 días. Periódicamente se midió CO₂ por captura en álcali y titulación por retorno, y se determinaron N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P soluble en agua y P extractable. Los datos se analizaron mediante ANOVA y las medias se compararon por DMS de Fisher. Bio presentó un efecto cebador al iniciar la incubación, posiblemente como consecuencia de la presencia de ácidos orgánicos de cadena corta que se generan por la baja temperatura de pirólisis. Debido a la mayor proporción de C recalcitrante este efecto fue de corta duración, y la dinámica de C similar a Bio+DC y DC. Bio presentó mayor desprendimiento de CO₂ acumulado respecto al control y a DC, en tanto que DC y Bio+DC no se diferenciaron del control. Bio se mineralizó 0,27%, Bio+DC 0,28% y PD 2,06%. PD presentó el mayor nivel de N-NH₄⁺ en el momento inicial, reduciéndose rápidamente hasta equipararse con el control a los 21 días. El N-NO₃⁻ se incrementó durante todo el ensayo lo que indicaría una rápida nitrificación. Bio presentó valores de N inorgánico (N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺) similares al control, alcanzando mayores valores a los 91 y 119 días. Bio+DC presentó mayores valores que el control desde el día 3. DC presentó mayores valores de Ps que Bio y Bio+DC, aunque ningún tratamiento se diferenció del control. DC presentó un mayor nivel de Pe que el resto de los tratamientos, los que no se diferenciaron entre sí. La aplicación combinada generó un efecto similar al promedio entre los materiales solos (DC y Bio), menor respiración respecto a Bio y mayor disponibilidad de N que el control desde el día 3, sin cambios en la disponibilidad de P.

Palabras clave: mineralización, biofertilizante, digestión anaeróbica.





DINÁMICA DEL N EN SUELOS DEL SO BONAERENSE CON ALTA HUMEDAD FERTILIZADOS CON DIGERIDO ANAERÓBICO

Iocoli, G.A.^{1*}, M. Alcetagaray¹, L. Orden^{1,3}, M. C. Zabaloy^{1,2}

¹ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca - Argentina;

² CERZOS, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca - Argentina;

³ Estación Experimental Agropecuaria INTA Ascasubi, Ruta 3 Km 794, 8142, Hilario Ascasubi, Buenos Aires 8000, Argentina.

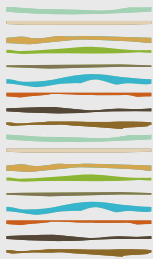
*San Andres 800, Bahía Blanca, Bs. As., gaston.iocoli@uns.edu.ar

RESUMEN

La incorporación de fertilizantes con alto contenido de N-NH_4^+ promueve la nitrificación y el consumo de O_2 generando condiciones subóxicas. En estas condiciones el N-NO_3^- es reducido a N_2O por microorganismos nitrificadores y el N-NO_3^- es utilizado por desnitrificadores como aceptor de electrones con liberación de NO , N_2O , o N_2 . El impacto de estos procesos varía de acuerdo a las condiciones ambientales y edáficas, pero se promueve con el riego al desplazar el aire, y con la incorporación de compuestos lábiles que incrementan la respiración y acentúan las condiciones anóxicas. Se propuso como objetivo evaluar la dinámica de N en condiciones de elevada humedad (70% del punto de saturación) en dos suelos del sudoeste bonaerense tratados con distintos fertilizantes. Los suelos utilizados fueron: uno franco arenoso, Haplustol **éntico**, de Hilario Ascasubi (HA), y uno franco, Paleustol petrocálcico de Colonia Naposta (CN). Los tratamientos aplicados al suelo fueron: (Control, sin agregados); estiércol bovino sin procesar (EB), digerido bovino (DB) y urea (U) dosificados para dar 36 mg NTK kg^{-1} suelo. El ensayo se realizó en microcosmos, los cuales se muestrearon destructivamente periódicamente durante 119 días para determinación del contenido de N-NH_4^+ y N-NO_3^- por semimicro Kjeldahl. En general, el suelo HA presentó mayores niveles de ambas formas de N, probablemente como consecuencia de la mayor aireación y menor retención de materia orgánica (MO) característica de suelos de textura gruesa. El DB presentó el mayor nivel de N-NH_4^+ en el momento inicial, aunque a partir de 4 días se equiparó con el control, mientras que U mostró un incremento 1 d posaplicación, y luego también se redujo a valores similares al control. En general, los niveles de amonio se redujeron hasta el día 49 y luego aumentaron nuevamente, probablemente como consecuencia de una menor nitrificación. Los niveles de nitrato se incrementaron hasta el día 35 como consecuencia de la nitrificación $\text{U} > \text{DB} > \text{EB} = \text{Control}$ (78,95; 54,05; 41,09 y 35,74 mg kg^{-1} respectivamente) y a partir de allí descendieron hasta el día 70. La reducción de los niveles de N-NH_4^+ superpuesta a la reducción de N-NO_3^- ; dadas las condiciones del ensayo no podrían deberse a escorrentía o lixiviación, por lo que permiten suponer la reducción de NO_2^- y del NO_3^- con la consiguiente pérdida de N como N_2O y N_2 . Al finalizar el ensayo no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos para ninguna forma de N, se observó una baja concentración de nitrato (6-11 mg kg^{-1}) y mayor de amonio (21-25 mg kg^{-1}), características de suelos pobremente aireados. Este estudio preliminar pone de manifiesto el riesgo de pérdidas de N y la generación de gases de efecto invernadero (N_2O) en suelos con alto contenido de humedad, pero no anegados (20% de poros disponibles), remarcando la importancia de decidir críticamente los momentos de fertilización y el volumen de las láminas de riego aplicadas.

Palabras clave: mineralización, biofertilizante, digestión anaeróbica.





EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO SOBRE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN SUELOS AGRÍCOLAS

JECKE, F^{1,2}, MOUSEGNE, F^{1,2}, ROMANIUK, R³, CARFAGNO, P³, Zufiaurre, E^{3,4} & BELTRÁN, M^{1,3}

¹Universidad Nacional de San Antonio de Areco (UNSAdeA), San Antonio de Areco, Bs. As., Argentina;

²Agencia de Extensión Agropecuaria San Antonio de Areco;

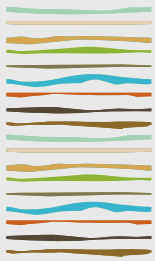
³Instituto de Suelos, INTA Castelar, Hurlingham, Bs. As., Argentina.

⁴Centro de Investigaciones y Transferencia del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires CITNOBA (UNNOBA-UNSAdeA-CONICET), Pergamino, Argentina. Mail de contacto: jecke.fernando@inta.gob.ar

RESUMEN

Con respecto a la producción agrícola, debido a la agriculturización y la intensificación de los sistemas productivos, los suelos de la región se encuentran bajo procesos de erosión y pérdida de calidad y productividad. Si bien el empleo de la siembra directa disminuyó la problemática de la erosión de los suelos y pérdida de la materia orgánica, en la actualidad se siguen observando suelos erosionados, sumándose problemas de compactación y pérdidas de la fertilidad. Dentro de las prácticas conservacionistas, el uso de cultivos de servicio (CS) es una herramienta de manejo que los productores están adoptando cada vez en mayor medida. El uso de los CS presenta múltiples beneficios como el incremento del carbono y la fertilidad química del suelo, el control de la erosión, mejoras físicas, el incremento de la actividad microbiana, el control de malezas resistentes. El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el uso de distintos CS sobre un indicador sensible al cambio de manejo como lo es la respiración microbiana. Para esto se realizó un ensayo en el campo privado "La Fe" ubicado en la localidad de San Antonio de Areco en la provincia de Buenos Aires durante el año 2020. Se realizaron tres tratamientos, barbecho tradicional, trigo como CS y vicia como CS, el cultivo de comercial fue maíz. Los CS se sembraron durante el mes de mayo de 2020 y se secaron en el mes de noviembre. Las muestras de suelo para medir respiración se tomaron en diciembre a dos profundidades (0-5 y 5-30 cm). Se refrigeraron, se llevaron al laboratorio y la respiración microbiana se midió por el método de Jenkinson y Powlson. Como resultado se pudo observar una tendencia al incremento de la respiración edáfica en los tratamientos con vicia (1317 mg C-CO₂ semana⁻¹) como CS (valor $p < 0,15$) con respecto al barbecho (839 mg C-CO₂ semana⁻¹) y al trigo (723 mg C-CO₂ semana⁻¹) en la profundidad de 0-10 cm, esto posiblemente se deba a que los residuos de vicia se degradan rápidamente debido a su baja relación C/N liberando compuestos que pueden ser utilizados por los microorganismos como fuente de energía.

Palabras clave: Respiración, cultivos de servicio, vicia.



COMPARACIÓN DE LA MICROFLORA PRESENTE EN 2 LOTES CULTIVADOS CON FRUTILLA

Lovaisa, N.C.¹, P.A.G. Delaporte Quintana¹, J.A. Mariotti Martínez², R.O. Pedraza¹, S.M. Salazar^{1,2,*}

¹ Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán;

² EEA Famaillá. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria;

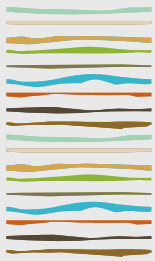
* Ruta Prov. 301, Km 32 (4132) Famaillá, Prov. de Tucumán, salazar.sergio@inta.gob.ar

RESUMEN

La importancia de estudiar la microbiota del suelo radica en el papel fundamental que desempeñan los microorganismos en los distintos procesos biogeoquímicos que allí se realizan. Debido a que una de las variables que ejerce fuerte incidencia en la microbiota es el manejo del suelo, un lote bajo monocultivo de frutilla tendrá una menor diversidad de la misma. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar la actividad y la composición microbiana de 2 lotes de un mismo suelo bajo cultivo de frutilla, durante 3 fechas de muestreo: abril, junio y agosto del presente año. Los lotes se denominaron como F (bajo monocultivo de frutilla durante 15 años), y P (en descanso). A partir de muestras compuestas de suelo de los diferentes lotes se realizaron diluciones seriadas. Se realizó el recuento (UFC/ml) de la microflora total cultivable utilizando medio general LB y agar-nutritivo (AN) + carboximetilcelulosa (CMC) para determinar microorganismos celulolíticos, discriminando bacterias, hongos y actinomicetes con el agregado de Tetraciclina y Cloramfenicol. Además, se evaluó la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno por la técnica del número más probable (NMP) y solubilizadoras de fosfatos, en medio NFb semisólido sin nitrógeno y NBRIP respectivamente. La actividad microbiana total en los lotes se determinó por el método de la hidrólisis enzimática de la diacetato de fluoresceína (DAF). Los datos obtenidos en las diferentes determinaciones fueron sometidos al análisis estadístico de la varianza utilizando el Test de Tukey ($p < 0,05$). Como resultados, las observaciones morfológicas, macro y microscópicas, mostraron el desarrollo de microorganismos de diferentes grupos taxonómicos. Los análisis estadísticos correspondientes al muestreo de abril no presentaron diferencias significativas entre los lotes, para las determinaciones de microflora total cultivable, de microorganismos celulolíticos y solubilizadores de fosfatos. En el muestreo de junio sólo se registraron diferencias significativas en el recuento de la microflora total cultivable, siendo mayor en el lote P. Los resultados correspondientes al muestreo de agosto no presentaron diferencias significativas en ninguna de las determinaciones. Para todas las fechas de muestreo, el NMP de bacterias fijadoras de nitrógeno y la actividad microbiana total presentaron diferencias significativas, siendo mayores en el lote P. Se puede concluir que en los grupos funcionales no existen diferencias estadísticamente significativas entre los lotes debido a que sólo se contemplan los microorganismos cultivables. Además, los resultados permiten concluir que el monocultivo de frutilla incide en la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno y en actividad microbiana total del suelo de manera desfavorable.

Palabras clave: frutilla, microbiota, suelo





CAMBIOS EN LA COLONIZACIÓN MICORRÍCICA NATURAL DE GENOTIPOS DE TRIGO INOCULADOS CON *AZOSPIRILLUM ARGENTINENSE* AZ39

Maccari Murray, F.^{1,*}, L.P. Di Salvo^{1,2}, G.E. Tranquilli³, I.E. García de Salamone¹

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Biología Aplicada y Alimentos. Cátedra de Microbiología Agrícola. CABA, Argentina.;

² CONICET. Buenos Aires, Argentina;

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Recursos Biológicos, Hurlingham, Argentina;

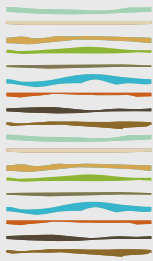
* Avenida San Martín 4453, (1417) CABA, Argentina, disalvol@agro.uba.ar

RESUMEN

La aplicación de bioinsumos constituye una alternativa sustentable para el aumento de la producción de cultivos como el trigo pan (*Triticum aestivum* L.), fundamental para la seguridad alimentaria mundial. La cepa Az39 de *Azospirillum argentinense* es una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal muy utilizada en bioinsumos comerciales en nuestro país. Coloniza la rizósfera de las plantas, siendo ésta la porción de suelo que circunda las raíces y que se caracteriza por una alta diversidad de microorganismos, en complejas interacciones entre éstos y las plantas. Entre los microorganismos nativos del suelo se encuentran los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), simbiontes obligados que favorecen la nutrición y el crecimiento vegetal gracias a su extensa red de hifas. El objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de interacción de diferentes genotipos de trigo pan con los HFMA nativos y el impacto de la inoculación con *A. argentinense* Az39 sobre la misma. Se realizó un ensayo en invernáculo, evaluando dos tratamientos (control sin inoculación e inoculado con un inoculante de formulación experimental) y seis variedades de trigo pan: Sinvalochó MA (SO), Buck Manantial (BM), Marcos Juárez INTA (MJ), Klein Cartucho (KC), ProINTA Oasis (PO) y Baguette Premium 11 (BP). El diseño fue DBCA en parcelas divididas con cuatro bloques. En encañazón, se tomaron muestras de raíces, se decoloraron y se tiñeron con solución de azul tripán. Se observaron las raíces al microscopio con objetivos de 10x y 40x para determinación de colonización radical y contenido de estructuras típicas de HFMA: porcentajes de arbusculos, vesículas y esporas. Los resultados se analizaron con análisis de varianza (ANOVA), pruebas y contrastes de medias. La inoculación disminuyó la colonización radical en general y, en particular, la de los genotipos PO y BP. En el ANOVA no se observaron diferencias debidas a los genotipos. Sin embargo, los análisis de contrastes realizados para las plantas control mostraron diferencias para los genotipos MJ, BP, SO y KC, siendo la colonización radical del primero menor a los otros tres. Respecto a las estructuras típicas, en primer lugar, las plantas de MJ presentaron menor porcentaje de arbusculos que las plantas de BP, PO y SO. El único genotipo que mostró diferencias debidas a la inoculación fue SO, donde las plantas control presentaron mayor porcentaje de arbusculos que las inoculadas. En segundo lugar, el porcentaje de vesículas mostró interacción significativa entre genotipos e inoculación. Las plantas inoculadas de PO y KC presentaron menor porcentaje de vesículas que las plantas control de BP, SO y PO. Finalmente, ni la inoculación ni el genotipo mostraron efectos sobre el porcentaje de esporas presentes. Los resultados de este trabajo avalan la hipótesis de que las interacciones entre la planta, los microorganismos nativos y la bacteria inoculada dependen del genotipo vegetal. Además, la respuesta a la inoculación puede estar condicionada por el estado de desarrollo vegetal, tal como fue reportado previamente. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta para mejorar la respuesta de los cultivos a la aplicación de bioinsumos.

Palabras clave: micorriza arbuscular, PGPR, rizósfera.





GLOMALINA, CBM Y FDA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES Y BOSQUE NATIVO EN LA PROVINCIA DEL CHACO

Mansilla, N. P.¹; Sotelo, C. E. ²; Pérez, G.L. ²; Sirio, A. ²; Rojas, J.M.³

¹ Dirección de Suelos y Agua Rural - Ministerio de Producción Empleo e Industria;

² Instituto Agrotécnico "Pedro M. Fuentes Godo" - FCA - Universidad Nacional del Nordeste;

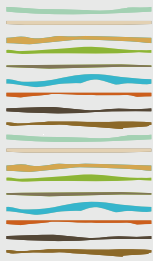
³ EEA INTA Sáenz Peña - natalia.mansilla@hotmail.com

RESUMEN

La provincia del Chaco se caracteriza por tener una superficie cercana a 4.500.000 ha aproximadamente con bosque nativo (BN). Se halla dentro de la Región del Gran Chaco Sudamericano, ecosistema caracterizado por su alta biodiversidad y, la región del Chaco es el mayor remanente continuo de bosque seco neotropical. Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) con BN, bien manejados, podrían generar sistemas que cumplan los principios agroecológicos y, como consecuencia, mantengan la capacidad para generar bienes y servicios ecosistémicos. Actualmente, está poco estudiado el efecto de la conversión de BN a SSP sobre las variables biológicas de los suelos a nivel provincial. El objetivo del trabajo fue realizar una aproximación de las características biológicas en distintos suelos, en SSP y BN. Los suelos evaluados corresponden a los órdenes Alfisoles, Molisoles, e Inceptisoles presentes en lotes con diferente antigüedad en el cambio de uso de BN a SSP, clasificados como *Natrustalf Mólico*; *Natracualf Típico*; *Natrustalf Salortídico*, *Durustalf*; *Haplustol Óxico*; *Argiustol Údico*; *Haplustep Údico*; *Natrustalf Ácuico*. Se tomaron muestras de suelos del horizonte superficial en binomios BN- SSP, en diferentes departamentos de la provincia (sitios). Se realizaron determinaciones de carbono de la biomasa microbiana (CBM); proteínas del suelo reactivas a Bradford - BRSP (glomalina) y actividad hidrolítica de enzimas microbianas sobre diacetato de fluoresceína (FDA). Se realizó un análisis estadístico con modelos mixtos analizando como efecto fijo la situación BN o SPP y como efecto aleatorio el sitio y la serie de suelo presente. El carbono de la biomasa microbiana fue significativamente mayor en los SSP (467 $\mu\text{g C.g}^{-1}$) que en el BN (373 $\mu\text{g C.g}^{-1}$). Respecto a la glomalina, el BN tuvo significativamente mayores valores que el SSP (2.31 y 1.83 mg proteína. g^{-1}) respectivamente. En el caso de la determinación de la actividad de la FDA no se obtuvieron diferencias significativas entre situaciones. El carbono de la biomasa microbiana en el SSP, puede ser mayor por una mayor actividad a nivel rizósfera, producida por las pasturas; mientras que los contenidos de glomalina, se asocian al alto número de especies, ya que el BN conserva diversidad de especies en los distintos estratos y tiene poca intervención antrópica. Además, la composición de la comunidad de plantas puede influir sobre la concentración de glomalina en el suelo, porque las raíces sirven como sitios hospederos de los HMA, pero el hospedante influye diferencialmente sobre las especies de HMA. En referencia a la FDA, los cambios provocados en la actividad de las enzimas no solo dependen de las variaciones de la expresión génica microbiana, sino también de factores ambientales que afectan a la actividad. Estos datos preliminares refuerzan la importancia de evaluar parámetros biológicos para monitorear y comprender los efectos de los sistemas productivos y naturales en la dinámica de la microbiota edáfica.

Palabras clave: parámetros biológicos, región chaqueña, microbiota.





EFFECTO DEL USO DE EXTRACTOS BOTANICOS SOBRE LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y EL CRECIMIENTO VEGETAL

Marino, L.C.^{1,*}, D. Borzone², M. Richeri¹, A.L. Cardillo¹, L. González Paleo¹.

¹ Cátedra de Botánica General-FCNyCS. UNPSJB;

² FICEyN. UF;

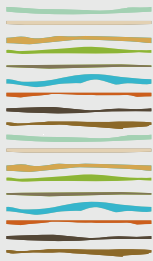
* Bv. Brown 3051-Puerto Madryn, Prov. de Chubut, luciamarino_tw@hotmail.com

RESUMEN

Los extractos botánicos se han propuesto como bioestimulantes con utilidad en agroecología (Ziosi *et al.*, 2013), ya que mejoran el crecimiento vegetal. Por ejemplo, estimulan la actividad microbiana mejorando la salud del suelo, cambian la morfología de la hoja y aumentan la fotosíntesis neta, estimulan el crecimiento de las raíces, etc. (du Jardin, 2015; Kauffman *et al.*, 2007). El objetivo fue evaluar el efecto de extractos botánicos elaborados con plantas nativas del Monte (purín de *Grindelia chiloensis* (Cornel.) Cabrera e infusión de *Larrea divaricata* Cav.), sobre la actividad biológica del suelo y el crecimiento de trigo. Cuando los metabolitos secundarios presentes en éstas especies se acumulan en el suelo por lavado y forman costras químicas, generan cambios en las propiedades físicas del suelo mejorando la dinámica del agua (Rajnoch *et al.*, 2022). Por lo tanto, se espera que el aporte de sus extractos botánicos al suelo incremente la retención de agua, mejorando la respiración microbiana y la fertilidad del suelo, y esto provoque una mejora en el crecimiento vegetal. Se incubaron microcosmos con 3 tratamientos y 5 repeticiones: C: control (sin extracto), G: purín de *Grindelia* al 5%, y L: infusión de *Larrea* al 5%. Los extractos fueron preparados de acuerdo a la herbolaria de la meseta reportadas por Richeri *et al.* (2016). En cada microcosmos se sembró *Triticum aestivum* L., y se le agregaron 300 ml de extracto o agua. Al final del ciclo se cosechó y se determinó la biomasa, su partición y la morfología de hojas y raíces. Se determinó la respiración microbiana por incubación, y el contenido total de N en el suelo. El efecto de los extractos fue diferente. La adición de G provocó un aumento en la respiración microbiana, y una mayor producción de biomasa vegetal; mientras que la adición de L inhibió la respiración microbiana y redujo la producción de biomasa vegetal. Las plantas creciendo con G presentaron cambios en la morfología de las hojas, de menor área y más gruesas, y tuvieron raíces secundarias de menor longitud. La adición de L, no provocó cambios en la morfología. Las diferencias en la composición química de los extractos podrían explicar las diferencias de sus efectos. El purín acuoso de *Grindelia*, solo contendría una pequeña proporción de las resinas diterpénicas que son no polares (Ravetta y Wasner, 2003) y el extracto sería de mejor calidad para los microorganismos (i.e. más N), lo que estimularía la actividad microbiana. Los cambios en la morfología podrían deberse a un efecto alelopático del extracto (Vilela *et al.*, 2011), o a un cambio en la dinámica del agua del suelo por efecto del aporte de las resinas (mayor retención de agua, Rajnoch *et al.*, 2022). En su conjunto los efectos sobre el suelo y la planta le brindan potencial para su uso como bioestimulante en suelos agrícolas. La infusión de *Larrea* no sería adecuada para utilización como bioestimulante, ya que sus resinas fenólicas inhibirían la actividad de los microorganismos (Boiteux *et al.*, 2014) y el crecimiento de la planta.

Palabras clave: Bioestimulante, *Larrea*, *Grindelia*





MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELOS DE UN AMBIENTE SEMIARIDO CON APLICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS BIOTRANSFORMADOS

Martínez J.M.^{1*}, J. Moisés¹, M.E. Duval¹; R.J. García², J.A. Galantini³

¹Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida-CONICET, Depto. Agronomía-UNS.

²Depto. Agronomía-UNS. ³Comisión de Investigaciones Científicas (CIC).

*San Andrés 800, Bahía Blanca Prov. De Buenos Aires. jmmartinez@criba.edu.ar

RESUMEN

Los residuos orgánicos provenientes de actividades agroindustriales pueden ser utilizados como una alternativa para mantener o aumentar fertilidad edáfica. La biotransformación es una opción para utilizarlos con el propósito de mejorar la calidad del suelo. El objetivo fue evaluar el potencial de mineralización de nitrógeno (N) de suelos contrastantes con el aporte de tres residuos agroindustriales biotransformados (RAB), para conocer su potencialidad como enmienda orgánica. Se realizaron incubaciones de largo plazo en laboratorio combinando suelos contrastantes (Franco, F- Arenoso franco, AF) y tres RAB con diferentes niveles de dosificación (D1: 200 y D2: 400 kg N ha⁻¹) calculados en base a N equivalente según su composición orgánica. Se utilizó cáscara de girasol (CG) tratada con hongo *Pleurotus* (CG_{ple}), CG compostada con estiércol ovino (CG_{cm}) y alperujo (AL) estabilizado en campo. Se llevaron a cabo cinco ciclos de humedecimiento y secado (261 días) y luego se estimó el N potencialmente mineralizable (N₀) y la tasa de mineralización (k) asumiendo que el N mineralizado se comporta en forma exponencial de primer orden. En suelo F, el aporte de los diferentes residuos y dosis no incrementó el potencial de mineralización. La tasa k evidenció efectos variables con el aporte de RAB, sin embargo, con AL (D1) y CG_{ple} (D1) el incremento fue de gran magnitud. En cambio, se produjeron efectos positivos sobre el N₀ con todos los RAB en el suelo AF, incrementando significativamente sólo con D1. la aplicación de los RAB no mostró una relación generalizada en el potencial de mineralización de N según las características del residuo y el tipo de suelo, aunque tuvo efectos variables sobre la tasa. El suelo con textura gruesa mostró incrementos en el potencial de mineralización de N con el aporte de RAB en bajas dosis.

Palabras clave: N potencialmente mineralizable, residuo agroindustrial, sudoeste bonaerense

INTRODUCCIÓN

En el sudoeste bonaerense (SOB), se fue abandonando la rotación agronómica hacia la agriculturización (Moisés et al., 2022), lo que implicó una mayor degradación del recurso suelo. Este efecto degradativo podría revertirse mediante la correcta reutilización de residuos agropecuarios dentro de los agrosistemas (Masunga et al., 2016). En esta región, se genera una gran cantidad de residuos provenientes de diferentes actividades agroindustriales, donde la cáscara de semilla de girasol (CG) de la industria aceitera, posee una producción de 54 mil toneladas anuales (Moisés et al., 2018). Este residuo presenta elevadas relaciones C:N, donde los compuestos estructurales representan más del 40% de su carbono orgánico (CO) (Moisés et al., 2022). Estas características pueden afectar la dinámica del N disponible para las plantas, debido a la inmovilización que ocurre bajo elevadas relaciones C:N (Iglesias Jiménez et al., 2008). Por su parte, el alperujo (AL) obtenido en la extracción del aceite de oliva, es un material de consistencia semisólida o viscosa, con escasa porosidad total y elevada humedad, que posee un alto contenido de materia orgánica (MO) y abundantes cantidades de lignina, celulosa, y hemicelulosa, además de niveles importantes de lípidos, glúcidos y fenoles (García de la Fuente, 2011). Una de las alternativas que surge para aprovechar estos materiales, es la biotransformación



(Rajkhowa et al., 2019). En la actualidad, existen diferentes procesos de transformación de los residuos orgánicos que pueden modificar sus propiedades, con el propósito de poder aplicarlas al suelo y mejorar la productividad de los cultivos. La aplicación de materiales orgánicos influye directamente sobre la calidad del suelo y el desarrollo vegetal, tanto en forma directa por acción per se de los nutrientes contenidos, como en forma indirecta mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Abassi & Khizar, 2012). En general, la mayor parte del contenido de N de los residuos se encuentra en forma orgánica (Thomas et al., 2015), por lo cual debe mineralizarse a formas inorgánicas para evaluar su condición como potencial enmienda orgánica. La mayoría de las estimaciones de la contribución N proveniente de la mineralización del suelo se basan en incubaciones aeróbicas de largo plazo (Stanford & Smith, 1972), que determinan la fracción de N del suelo que se puede convertir en formas inorgánicas. El objetivo fue evaluar el potencial de mineralización de N de suelos contrastantes con el aporte de diferentes RAB, para conocer su potencialidad como enmienda orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del ensayo

Se realizaron incubaciones de largo plazo durante 37 semanas consecutivas combinando suelos contrastantes y tres RAB con diferentes niveles de dosificación. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro replicas. Para esto, se tomaron muestras superficiales de dos suelos característicos de la región del SOB (profundidad de 0-20 cm) de un establecimiento localizado en Las Oscuras, Provincia de Buenos Aires. Los suelos muestreados pertenecen al orden Molisoles (Soil Survey Staff, 2010), caracterizados por bajos contenidos de CO, texturas gruesas y aportes variables de MO particulada por los residuos de los cultivos (Martínez et al., 2016). La muestra compuesta de cada suelo se secó al aire, se homogenizó y se tamizó (malla de 2 mm). Se determinaron las siguientes propiedades edáficas: CO que se estimó a partir de la determinación de MO por el método de calcinación, utilizando un factor de conversión de 2,2 (Martínez et al., 2017), P extraíble (Pe) (Bray & Kurtz, 1945); y pH en suspensión suelo: agua 1:2,5. Además, se determinaron las diferentes fracciones granulométricas por el método de la pipeta de Robinson y se clasificó la textura. Los resultados de los parámetros edáficos químicos y físicos evaluados en los suelos fueron: a) Suelo Franco (F): CO: 13,0 g kg⁻¹, pH: 6,6; Pe: 18 mg kg⁻¹; arena: 509 g kg⁻¹, limo: 320 g kg⁻¹; arcilla: 171 g kg⁻¹; b) Suelo arenoso franco (AF): COT: 7,7 g kg⁻¹, pH: 5,9; Pe 26 mg kg⁻¹; arena: 827 g kg⁻¹, limo: 107 g kg⁻¹; arcilla: 66 g kg⁻¹.

Residuos agroindustriales biotransformados

A cada suelo se le aportaron tres RAB bajo dos niveles de dosificación. Las dosis de RAB aplicadas se calcularon en base a N equivalente de su composición orgánica, a 200 y 400 kg N ha⁻¹. Los RAB utilizados fueron:

CG con *Pleurotus* (CGPie): transformación de la cáscara de girasol a través de hongo ligninolítico comestible *Pleurotus ostreatus*.

CG compostada (CGcm): corresponde a un compost realizado con CG y estiércol ovino durante 5 meses.

Alperujo (AL): estabilizado a campo, correspondiente al residuo de la obtención de aceite de oliva.

Para su caracterización química, todos los residuos fueron secados a estufa a 60°C por 48 horas y molidos con malla de 1 mm de diámetro. Se realizaron las siguientes determinaciones químicas: MO total a través del método calcinación en mufla a 550° por 4 h (Martínez et al., 2017), CO por analizador automático (Leco Corporation, St Joseph, MI), nitrógeno total (Nt) mediante el método de Kjeldahl (Bremner, 1996), pH y CE por método 1+5 v/v (Bárbaro, 2011). Las propiedades evaluadas se detallan en Tabla 1.



Tabla 1. Caracterización química de los RAB.

	pH	CE	MO	CO	Nt	C:N
Residuo		(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)			
CGPle	7,61	2,75	775	569	9,0	63
CGcm	5,31	4,47	878	522	23,9	22
AL	5,4	8,7	947	756	10,6	71

CE: Conductividad eléctrica, MO: Materia orgánica, CO: Carbono orgánico total, Nt: Nitrógeno total.

Incubación aeróbica de largo plazo

Se realizó una incubación aeróbica de largo plazo siguiendo el protocolo de Honeycutt *et al.* (2005). Se pesaron 400 g de masa de suelo seco al aire, que fueron colocados en frascos de vidrio de 1 L. A cada frasco se le agregaron los RAB en cantidades equivalentes a 0 (suelo sin aplicación), 200 (D1) y 400 (D2) kg N ha⁻¹, con base en su composición de N orgánico (Tabla 1). Inicialmente, se estimó la porosidad total (PT) de los suelos muestreados secos al aire y por porcentaje en masa de suelo se determinó el 60% de PT, siendo un valor aproximado a la capacidad de campo. Se ajustó la humedad gravimétrica actual de los suelos en los frascos a 60% de la PT y se incubó durante cinco ciclos de humedecimiento y secado con una temperatura de 25°C. Diariamente, se realizaba el pesaje de las muestras hasta el momento en que la humedad actual llegaba al 30% de la PT, estimada por diferencias de masa. Luego se rehidrataban las muestras distribuyendo el riego en forma homogénea hasta el 60% calculado por masa de suelo, se dejaba estabilizar unas horas y luego se procedía a muestrear con un sacabocados para la determinación de N inorgánico (N-NO₃+N-NH₄) mediante destilación por arrastre de vapor (Mulvaney, 1996). Luego de transcurridos los cinco ciclos de humedecimiento y secado, se determinó el N₀ y *k* con un software informático asumiendo que el N mineralizado acumulado (N_{min}) se comportaba en forma exponencial de primer orden (Stanford & Smith, 1972).

Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) comparando el N₀ y *k* para los suelos contrastantes y luego con el aporte de los RAB. La comparación de medias se realizó por el método de diferencias mínimas significativas de Fisher ($p < 0,05$). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software informático Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química de los RAB

En la Tabla 1 se detallan los resultados del análisis químico de los RAB utilizados. Los criterios estandarizados utilizados por la Unión Europea (UE) (Decisión 2001/688/EC), cuyos requisitos deben reunir los residuos o materiales orgánicos utilizados como enmiendas orgánicas, estipulan que estos RAB cumplen mayormente con los requisitos para que su aplicación no afecte la salud humana y ambiental. Para los tres RAB, la CE excede el umbral propuesto por Lasaridi *et al.* (2006), de acuerdo a la CE tolerada por plantas. Los valores de pH fueron levemente ácidos para CGcm y AL, y ligeramente alcalino para CGPle. Con respecto a CO, todos superan ampliamente el umbral de 200 g kg⁻¹ establecido por la UE. Los valores de Nt se encuentra en el rango de referencia sugerido por Alexander (1994). La relación C:N, relacionada con la tasa de descomposición de los residuos orgánicos mostró valores elevados en AL y CGPle, aunque CGcm posee una relación C:N adecuada para desencadenar procesos de mineralización.

Potencial de mineralización del N

El ANOVA entre suelos para ambos parámetros demostró diferencias significativas en N₀ ($p < 0,01$) y *k* ($p = 0,0317$), con mayores valores en F. En general, los valores de *k* hallados se aproximaron a 0,054 semana⁻¹ reportados por Stanford & Smith (1972). Según Martínez *et al.* (2018), las diferencias en las fracciones granulométricas de los suelos podrían desencadenar variabilidad en la tasa de mineralización por la menor protección física de la MO que ocurre en suelos de texturas gruesas, aunque en este estudio se halló la menor tasa en el suelo con mayor proporción de arena.



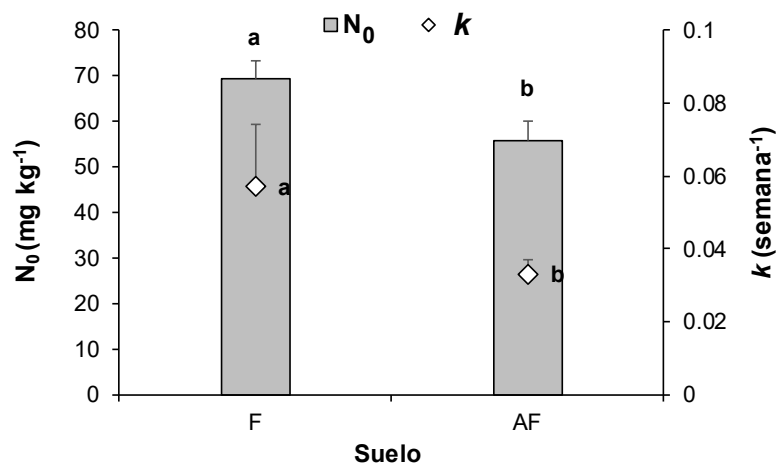


Figura 1. Nitrógeno potencialmente mineralizable (N_0) y tasa de mineralización (k) para cada suelo -sin agregado de RAB- al final de la incubación. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre suelos para N_0 y k , respectivamente. Barras verticales indican el desvío estándar.

Cuando se realizó el ANOVA comparando el aporte de RAB en los suelos se halló interacción significativa ($p < 0.001$) (suelo x aporte de RAB), por lo que se analizaron para cada suelo (Tabla 2). En F, el aporte de los diferentes residuos y dosis no incrementó el potencial de mineralización. La tasa k evidenció efectos variables del aporte de RAB, sin embargo, con AL (D1) y CGPle (D1) el incremento fue de gran magnitud.

Contrariamente, se produjeron efectos positivos sobre el N_0 en el suelo AF, incrementando significativamente especialmente con la menor dosis (D1) aplicada. Esto podría deberse al aporte de CO que hacen los RAB que contribuyen al bajo nivel de CO del suelo, pudiendo favorecer un efecto de cebado (Kuzyakov *et al.*, 2000). En este suelo, el aporte de RAB -exceptuando al CGPle con ambas dosis- independientemente de la dosis aplicada produjo aumentos de gran magnitud en k . Es importante remarcar que para ambos suelos la aplicación de AL en dosis altas, produjo una disminución del N_0 con respecto al testigo, posiblemente atribuido al efecto tóxico que posee sobre la microfauna edáfica lo cual afecta a los procesos de mineralización (González *et al.*, 2013).

Considerando la calidad de los RAB, a través de su relación C:N, no se observan respuestas diferenciales sobre el potencial de mineralización de N. Reddy *et al.* (2008) reportaron que la incorporación de residuos con elevada C:N favorece la inmovilización de N durante las etapas iniciales de descomposición, para luego de un tiempo de proceso, comenzar con la liberación de N inorgánico. Específicamente, CGPle y AL realizan un elevado aporte de C sin transformar, conteniendo altos valores de lignina lo que podrían generar inmovilización microbiana con menores niveles de N disponible (Iglesias Jiménez *et al.*, 2008). Esto permitiría inferir el escaso o nulo incremento del N_0 con la dosis alta de RAB, por esa mayor cantidad de C sin transformar que se incorporaría.

Tabla 2. Nitrógeno potencialmente mineralizable (N_0) y tasa de mineralización (k) (media \pm desvío estándar) con el aporte de RAB para cada suelo.

Suelo	Residuo	N_0	k
		(mg kg ⁻¹)	(semana ⁻¹)
Franco (F)	Testigo	69,3 \pm 4,1 a	0,057 \pm 0,017 c
	CG _{Ple} (D1)	45,7 \pm 1,8 b	0,362 \pm 0,011 b
	CG _{Ple} (D2)	69,1 \pm 5,0 a	0,044 \pm 0,011 c
	CG _{cm} (D1)	76,6 \pm 7,2 a	0,057 \pm 0,028 c
	CG _{cm} (D2)	69,1 \pm 12 a	0,041 \pm 0,024 c
	AL(D1)	71,6 \pm 5,1 a	0,449 \pm 0,107 a
	AL (D2)	65,1 \pm 10 a	0,032 \pm 0,017 c
	Testigo	55,6 \pm 4,6 c	0,033 \pm 0,002 d
Arenoso franco (AF)	CG _{Ple} (D1)	70,9 \pm 2,8 a	0,042 \pm 0,020 d
	CG _{Ple} (D2)	64,6 \pm 9,6 ab	0,051 \pm 0,038 d
	CG _{cm} (D1)	67,4 \pm 4,1 a	0,353 \pm 0,040 b
	CG _{cm} (D2)	54,8 \pm 6,4 c	0,484 \pm 0,092 a
	AL(D1)	69,3 \pm 4,1 a	0,168 \pm 0,109 c
	AL (D2)	51,1 \pm 2,9 c	0,523 \pm 0,072 a

Para cada suelo, letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

En general, la aplicación de los RAB no mostró una relación generalizada en el potencial de mineralización de N según las características del residuo y el tipo de suelo, aunque tuvo efectos variables sobre la tasa. El suelo con textura gruesa mostró incrementos en el potencial de mineralización de N con el aporte de RAB en bajas dosis. Es necesario contar con información complementaria sobre la calidad estructural de estos materiales, para profundizar el entendimiento sobre su potencial uso y efecto sobre la calidad del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de Unidades Ejecutoras CERZOS- *Bioconversión y valorización de residuos agroindustriales del sudoeste bonaerense*; y al Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica "Uso de residuos agroindustriales biotransformados en sistemas productivos del sudoeste bonaerense: efectos sobre la calidad edáfica y ambiental" (PICT 2017-1962).

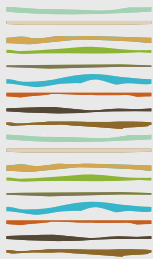
BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, MK & A Khizar, A. 2012. Microbial biomass carbon and nitrogen transformations in a loam soil amended with organic-inorganic N sources and their effect on growth and N-uptake in maize. *Ecological Engineering*, 39, 123-132.
- Alexander, RA. 1994. Standards and guidelines for compost use. *Biocycle* 35(12):37-41.
- Barbaro, LA; MA Karlanian; S Imhoff; DE Morisigue. 2011. Caracterización de la turba subtropical del departamento Islas de Ibicuy (Entre Ríos, Argentina). *Agriscientia* 28(2): 137-145.
- Bray, RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphate in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen - Total. In: D.L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods* (pp. 1085-1121). ASA, SSSA, CSSA, Madison WI.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada; CW Robledo. 2018. InfoStat, versión 2018. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).
- García de la Fuente, R. (2011). Caracterización y uso de compost de alperujo como enmienda orgánica. Evaluación agronómica y medio-ambiental. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València. Valencia
- González, MM; O Sydorenko; P Monetta; E Parodi; F Vázquez; OS Correa. 2013. Aplicación de alperujo en suelos bajo producción de olivos en San Juan-Argentina: su efecto sobre las comunidades microbianas edáficas. Tercera jornada del instituto de investigaciones en biociencias agrícolas y ambientales. Aportes de la microbiología a la producción de cultivos.



- Honeycutt, CW; TS Griffin; BJ Weinhold; B Eghball; SL Albrecht; JM Powell; BL Woodbury; KR Sistani; RK Hubbard; HA Torbert; RA Eigenberg; RJ Wright; MD Jawson. 2005. Protocols form nationally coordinated laboratory and field research on manure nitrogen mineralization. *Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.* 36: 2807-2822.
- Iglesias-Jiménez, E; MT Barral; FC Marhuenda. 2008. Indicadores de la estabilidad y madurez del compost. En: J. Moreno & R. Moral (Eds). *Compostaje*. (pp. 243-283). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Kuzyakov, Y; JK Friedel & K Stahr. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem.* 32(11-12): 1485-1498.
- Lasaridi, K; I Protopapa; M Kotsou; G Pilidis; T Manios; A Kyriacou. 2006. Quality assessment of composts in the Greek market: the need for standards and quality assurance. *J. Environ. Manage.* 80(1): 58-65.
- Martínez, JM; JA Galantini & ME Duval. 2018. Contribution of nitrogen mineralization indices, labile organic matter and soil properties in predicting nitrogen mineralization. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 18(1): 73-89.
- Martínez, JM; JA Galantini; ME Duval; FM López; JO Iglesias. 2017. Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de calcinación en Molisoles del sudoeste bonaerense. *Ci. Suelo*, 35:181-187.
- Martínez, JM; JA Galantini; MR Landriscini; FM López; ME Duval. 2016. Fertilización nitrogenada en trigo de la región subhúmeda: eficiencia del uso del agua y nitrógeno. *Ci. Suelo* 34: 81-92.
- Masunga, RH; VN Uzokwe; PD Mlay; I Odeh; A Singh; D Buchan; S De Neve. 2016. Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. *Appl. Soil Ecol.* 101: 185-193.
- Moisés, J; JM Martínez; ME Duval; GA Iocoli; JA Galantini. 2022. Cáscaras de girasol con diferentes transformaciones como enmiendas orgánicas en trigo. *Ci. Suelo: en prensa*.
- Moisés, J; JM Martínez; ME Duval; JO Iglesias; JA Galantini. 2018. Transformaciones de la cáscara de girasol y potencialidad de uso como enmiendas orgánicas. En *Actas: XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Tucumán, Argentina.
- Mulvaney, RL. 1996. Nitrogen-Inorganic forms. In: D.L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods* (pp. 1123-1184). ASA, SSSA, CSSA, Madison WI.
- Rajkhowa, DJ; AK Sarma; PN Bhattacharyya; K Mahanta. 2019. Bioconversion of agricultural waste and its efficient utilization in the hilly ecosystem of Northeast India. *Inter. J. Recyc. Org. Waste Agric.* 8:11–20.
- Reddy, KC; SS Reddy; RK Malik; JL Lemunyon; DW Reeves. 2008. Effect off five-year continuous poultry litter use in cotton production on soil major nutrients. *Agron. J.* 100: 1047–1055.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA-Natural Resources 22. Conservation Service, Washington, DC.
- Stanford, G & S Smith. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36: 465-472.
- Thomas, BW; M Sharifi; JK Whalen; MH Chantigny. 2015. Mineralizable nitrogen responds differently to manure type in contrasting soil textures. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79: 1396-1405.





CULTIVOS DE SERVICIOS Y SALUD DEL SUELO: USO DE BIOINDICADORES

Martos GG^{1,2}, Cuadra AF², Perato SM³, Díaz Ricci JC³

¹EEA INTA Famaillá, Tucumán;

²CUAECO SAS;

³Instituto de Química Biológica "Bernabé Bloj" – INSIBIO (CONICET-UNT).

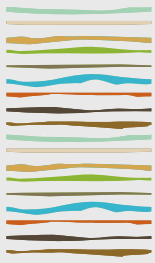
martos.gustavo@inta.gob.ar

RESUMEN

Durante las últimas décadas se ha documentado ampliamente los beneficios que generan los cultivos de servicios sobre la salud física, química y biológica de los suelos. Sin embargo, en la actualidad persiste la discusión sobre que o cuales parámetros o variables edáficas son las más indicadas para estudiar los efectos de dichos cultivos. El objetivo de este trabajo fue el de evaluar, mediante el uso de bioindicadores, los efectos de diferentes cultivos de servicios sobre la salud del suelo. Para esto se realizó la siembra de 4 cultivos de servicios: i) Vicia + Centeno (V+C), ii) Vicia + Trigo (V+T), iii) Avena (A), iv) Avena + Rabanito (A+R), y además se dejó una parcela con barbecho como testigo. Las parcelas para el ensayo fueron seleccionadas por la similitud en sus características físico-químicas del suelo. El ensayo se realizó en la localidad de Paso de la Patria, Tucumán. Se tomaron muestras de suelo compuestas de cada tratamiento a los 200 días post siembra de los cultivos. Los resultados mostraron una marcada diferencia a favor del barbecho en el número de microorganismos heterótrofos, respecto a los suelos cultivados. Se observó una tendencia opuesta en el cociente microbiano, donde los suelos cultivados mostraron valores mayores que el testigo. Los cultivos de A, A+R y V+C presentaron valores de respiración edáfica basal, cociente metabólico y cociente de eficiencia metabólica mayores al testigo. Por lo contrario, la combinación V+T presentó valores inferiores al barbecho en los parámetros antes mencionados. Los cultivos de A y V+C lograron los mayores valores de biomasa fúngica en el suelo, lo cual es positivo dado que los hongos son considerados los microorganismos más eficientes en la formación de la materia orgánica de los suelos. Además, el cultivo de Avena presentó el contenido más alto de carbono de biomasa en el suelo. Además, la relación entre la respiración basal e inducida por sustrato (RB/RIS) en todos los tratamientos, incluido el barbecho, dieron cuenta de un estado, en general, saludable de los suelos ensayados. Cabe mencionar, que las parcelas seleccionadas para este ensayo tienen un historial de rotación de 4 años con cultivos de servicios; y es notable el contraste en este parámetro (RB/RIS) con estudios previos realizados por nuestro laboratorio en sistema de monocultivo. Con base en los bioindicadores evaluados, podemos concluir que los cultivos de Avena y de Vicia + Centeno fueron los que reportaron mayores beneficios a la salud del suelo. Por otra parte, el cultivo de Vicia + Trigo, en este caso, mostró menores beneficios que resto de los cultivos ensayados. Por último, es necesario aclarar que los valores de bioindicadores son muy sensibles a las condiciones ambientales y fisicoquímicas del suelo, por lo que los resultados hallados en este trabajo pueden no ser extrapolables a otras regiones y/o suelos con condiciones diferentes a las ensayadas en este trabajo.

Palabras clave: cultivos de servicio, salud de suelo, bioindicadores





INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE: EFECTOS A LARGO PLAZO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS, ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y COMUNIDAD MICROBIANA

Maury, M.*¹; L.A. Gabbarini²; M.B. Conde¹; C.L. Aban³; C. Lorenzon¹; J. Ortiz¹; V. R. Pegoraro¹; L. Pereyra¹; G. Velez¹; R. Seravalle¹; P. Marelli¹; F. Salvagiotti; S. Bacigaluppo⁴; V. S Faggioli¹

¹INTA EEA Marcos Juárez, Cba, RN 12 km 3 Maury.mariana@inta.gob.ar;

²Universidad Nacional de Hurlingham;

³INTA EEA Cerrillos, Salta;

⁴INTA EEA Oliveros, Santa Fe.

RESUMEN

Las prácticas de intensificación agrícola sustentable (IA) buscan aumentar la producción conservando los recursos utilizados. Debido a que la salud del suelo depende en gran medida de los microorganismos del suelo y estos a su vez están condicionados por factores abióticos, el objetivo del trabajo fue estudiar el efecto de la inclusión de cultivos de cobertura (CC) y fertilización con nitrógeno (FN) luego de 15 años sobre propiedades químicas y biológicas del suelo. En un ensayo de larga duración de INTA Oliveros con una rotación agrícola: Maíz- Soja- Trigo/Soja bajo siembra directa, se evaluaron dos tratamientos: cultivo de cobertura (CC y sin CC) y dos estrategias de fertilización nitrogenada según rendimientos objetivo en trigo y maíz (N1 y N2). Se determinó: pH, Ce, carbono orgánico del suelo (COS), fósforo extractable (P), nitrógeno anaeróbico (Nan), diez enzimas y abundancia de Bacterias (16S) y Hongos (18S). Las IA evaluadas tuvieron efecto significativo (p valor $< 0,05$), principalmente, sobre propiedades químicas y perfiles enzimáticos. N2 aumentó los contenidos de COS, P y la actividad enzimática de glucuronidasa, pero disminuyó la actividad de celobiohidrolasa con respecto a N1. CC aumentó COS y la actividad enzimática de α -glucosidasa, N-acetil-b-glucosamina, leucina-amino-peptidasa, aunque disminuyó Ce y la actividad de glucuronidasa y arilsulfatasas, con respecto a Sin CC. Las comunidades microbianas fueron menos sensibles que otras variables para evaluar el efecto de CC o FN, aunque en ausencia de CC, la abundancia de hongos disminuyó en las parcelas N2 con respecto a N1 ($FN * CC < 0,05$). La inclusión de prácticas sugeridas en la IA como la inclusión de CC o FN evaluadas en el largo plazo tiene efectos significativos sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo, aún en rotaciones con alta presencia de gramíneas.

Palabras clave: cultivos de cobertura, fertilización nitrogenada, abundancia de microorganismos.

INTRODUCCION

Debido a que el avance de agricultura en nuevas áreas atenta con la sustentabilidad del planeta, el aumento de la producción deberá basarse en prácticas de intensificación agrícola sostenible (IA) que busquen sostener la producción por unidad de superficie y mejorar la salud del suelo (Caviglia et al. 2010). Estas prácticas producen cambios en las propiedades químicas y físicas del suelo, las cuales tienen influencia sobre la composición de los microorganismos del suelo y los procesos geoquímicos que estos regulan (Reardon et al. 2022).

El manejo nutricional de los cultivos en los sistemas de producción es central para una intensificación sostenible de la producción, siendo la fertilización una de las herramientas más importantes para mantener un adecuado balance de nutrientes. El aumento en la producción de los cultivos esperado por el uso de fertilizantes se correlaciona con un mayor aporte de residuos, que incrementaría el carbono orgánico del suelo



(COS) (Alvarez 2005). La fertilización a largo plazo tiene efecto sobre la comunidad microbiana (Piazza et al. 2019) y las enzimas involucradas en el ciclo de C, N, P y S (Reardon et al. 2022), aunque muchas veces los resultados son contradictorios (Wall et al. 2019). Por otro lado, altas dosis de fertilizantes, en particular nitrogenados, pueden causar efectos indeseados como la acidificación del suelo (Williams, Börjesson, and Hedlund 2013).

La inclusión de cultivos de cobertura (CC) en agricultura continua ha demostrado mejorar propiedades del suelo y revertir procesos de degradación (Blanco-Canqui et al. 2015). Teniendo en cuenta que los suelos bajo agricultura han disminuido el COS (Sainz Rozas et al. 2019), la inclusión de CC, que hacen un aporte adicional de biomasa, atenuaría estas pérdidas. En esta línea, diversos trabajos han mostrado en el mediano plazo el efecto positivo de la inclusión de CC en situaciones de monocultivo de soja sobre COS (Novelli, Caviglia, and Piñeiro 2017) y también sobre la comunidad de microorganismos y sus funciones (Figuerola et al. 2015). Sin embargo, los beneficios del CC podrían no manifestarse en el corto plazo en rotaciones con alta proporción de gramíneas (Salvagiotti et al. 2012).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto al cabo de 15 años de las prácticas de IA (inclusión de CC y diferentes estrategias de fertilización nitrogenada) en una rotación con alta participación de gramíneas sobre propiedades químicas, actividad enzimática y abundancia de bacterias y hongos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con un ensayo de larga duración (ELD) iniciado en el 2006, en INTA Oliveros, sobre un suelo Argiudol Típico Serie Maciel. La rotación fue Maíz- Soja – Trigo/ Soja en siembra directa y los tratamientos: cultivo de cobertura con (CC) y sin (Sin CC), y dos estrategias de fertilización nitrogenada (FN) en gramíneas: N1 (fertilización con N según umbral de respuesta para rendimientos de hasta 4000 y 9500 kg ha⁻¹ en trigo y maíz, respectivamente) y N2 (fertilización con N según umbral de respuesta para rendimientos de hasta 5000 y 11000 kg ha⁻¹ en trigo y maíz, respectivamente). En trigo, N1 fue de 92 kg N ha⁻¹ y N2 135 kg N ha⁻¹, antes del macollaje; en maíz, N1 fue de 160 kg N ha⁻¹ y N2 de 190 kg N ha⁻¹ aplicados en V4-5. Además, los cultivos fueron fertilizados con fósforo a la siembra. El CC que se utilizó desde 2006 a 2016 fue trigo previo a soja primera, y desde 2017 fue vicia previo a maíz. El diseño experimental es de bloques completos aleatorizado con tres repeticiones.

El muestreo de suelo se realizó en junio de 2021, luego de la cosecha de soja de segunda. Por cada parcela se tomaron 3 sitios de muestreos, y cada sitio represento una muestra compuesta por diez submuestras. Se utilizó un barreno de 2.5 cm de diámetro, a 5 cm de profundidad. Las muestras fueron tamizadas en húmedo por tamiz de 2 mm.

Determinaciones químicas: pH (IRAM 29410, 1999); conductividad eléctrica (Ce) (Rhoades, 1996); Carbono orgánico del suelo (COS) (Walkley y Black, 1934); fósforo extractable (P) según Bray y Kurtz (IRAM 29570-1, 2010); nitrógeno anaeróbico (Nan) (Kenney, 1982). Determinaciones biológicas: enzimas del ciclo de C: Celobiohidrolasa (CEL), xilosidasa (XIL), glucuronidasa (GLUC), α -glucosidasa (AGLU), β -glucosidasa (BGLU), acetiltransferasa (ACE); del ciclo de N: quitinasa o N- acetil-b-glucosamina (NAG), leucina amino peptidasa (LEU); del ciclo de P: fosfomonoesterasa (PME); y del ciclo de S: arilsulfatasa (ARI) (Truong et al. 2019). Abundancia de bacterias y hongos totales: número de copias de ARNr 16s bacteriano y ARNr 18s de hongos por PCR cuantitativa (qPCR) (Pérez Brandan et al. 2017).

Los datos fueron analizados con INFOSTAT (Di Renzo et al., 2019) aplicando los modelos lineales generales (MGL). Se tomó como efectos fijos CC y la FN, y como efecto aleatorio las repeticiones de campo. Para la diferencia entre medias se utilizó el test LSD Fisher p valor < 0,05. Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con todas las variables analizadas. Los gráficos de violines se realizaron con el programa Graphpad Prisma 7, y representan la distribución de los datos, donde la parte "ancha" del violín indica mayor abundancia de datos.



RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de estrategias de fertilización nitrogenada

Sobre las variables químicas (Tabla 1), con el mayor aporte de nitrógeno en las parcelas N2 se observaron aumentos de COS (7.6%) y de P (15.76%). El aumento en el COS puede asociarse a la cantidad y calidad de rastrojos aportados mientras que el aumento del P Bray a una mayor exploración radicular y ciclado de nutrientes de capas más profundas hacia la superficie (Beltran et al. 2016). El pH se diferenció por FN solo en ausencia de CC (FN * CC < 0,05), indicando que cambios en el pH no solo son consecuencia del uso de fertilizantes, sino también de la actividad de las raíces. Nan no fue sensible a los tratamientos analizados.

Tabla 1. Valor medio de las propiedades químicas: pH, Ce, P, COS y Nan, a 0-5 cm profundidad.

Tratamiento	pH	Ce (dS m ⁻¹)	P (ppm)	COS (g kg ⁻¹)	Nan (ppm)
FN					
N1	5,93	0,1	54 B	18,3 B	77,03
N2	5,96	0,1	62 A	19,7 A	78,59
CC					
CC	5,98	0,09	55	19,7 A	78,17
Sin CC	5,9	0,1	60	18,4 B	77,45
CC * FN					
CC N1	6,04 A	0,09	53	18,9	77,48
CC N2	5,92 AB	0,09	58	20,4	78,85
Sin CC N1	5,81 B	0,1	54	17,8	76,58
Sin CC N2	6,0 A	0,1	66	18,9	78,32
ANOVA (p valor)					
FN	ns	ns	0,01	0,00	ns
CC	ns	0,05	ns	0,00	ns
FN * CC	0,00	ns	ns	ns	ns

MLG. Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (p valor < 0,05). Ns: p valor > 0,05. Tratamientos: Estrategias de fertilización nitrogenada (FN), cultivo de cobertura (CC), interacción fertilización nitrogenada * cultivo de cobertura (FN * CC).

Respecto a la actividad biológica evaluada a través de actividad enzimática, los efectos fueron diferentes para las distintas enzimas y tratamientos estudiados (Tabla 2). En relación a las enzimas del ciclo de C, cuya actividad se correlaciona con la dinámica del COS (Dick, Rasmussen, and Kerle 1988), se observó en el tratamiento N2 que CEL disminuyó (27.6%) y GLUC aumentó (17 %) en relación a N1, mientras que la enzima BGLUC aumentó su actividad en N2 solo en Sin CC (FM * CC < 0,05). En este trabajo, la FN no tuvo efectos significativos (p valor > 0,05) sobre las enzimas involucradas en el ciclo de N (NAG y LEU), de P (PME) y de S (ARI); esto difiere a lo reportado por Ortiz et al. (2020) quienes en un ELD hallaron que la actividad de las enzimas del ciclo de N presentaron correlación negativa y las del ciclo de P correlación positiva con los tratamientos de mayores dosis de fertilización nitrogenada y fosforada. En línea con lo observado en nuestro trabajo Liang et al. (2014), en un ensayo de 15 años de fertilización continua, tampoco halló diferencias en ARI.



Tabla 2. Valores medios para la actividad de enzimas del ciclo C: Celobiohidrolasa (CEL), xilosidasa (XIL), glucuronidasa (GLUC), α -glucosidasa (AGLU), β -glucosidasa (BGLU), acetiltransferasa (ACE); ciclo de N: N- acetil-b-glucosamina (NAG) y leucina amino peptidasa (LEU); ciclo de P: fosfomonoesterasa (PME); y ciclo de S: arilsulfatasa (ARI).

	CEL	XIL	GLUC	α GLU	β GLU	ACE	NAG	LEU	PME	ARI
FN										
N1	1254 A	1737	26 B	67	522	2778	623	210	807	51
N2	907 B	1853	30 A	67	627	2581	692	230	920	43
CC										
CC	1108	1608	26 B	73 A	592	2402	971 A	255 A	840	35 A
Sin CC	1053	1981	30 A	61 B	558	2957	344 B	185 B	887	59 B
FN * CC										
CC N1	1236	1586	23	73	593 AB	2735	181	249	794	30
CC N2	981	1630	28	73	591 AB	2070	181	261	886	39
Sin CC N1	1272	1887	28	61	451 B	2821	181	171	820	71
Sin CC N2	833	2075	32	61	664 A	3092	179	200	953	47
ANOVA (p valor)										
FN	0,02	ns	0,01	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CC	ns	ns	0,01	0,00	ns	ns	0,00	0,04	ns	0,04
FN* CC	ns	ns	ns	ns	0,05	ns	ns	ns	ns	ns

MLG. Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (p valor < 0,05). Ns: p valor > 0,05. Tratamientos: Estrategias de fertilización nitrogenada (FN), cultivo de cobertura (CC), interacción fertilización nitrogenada * cultivo de cobertura (FN * CC).

Si bien la abundancia de bacterias, hongos y la relación hongo/ bacteria no mostraron diferencias por tratamientos evaluados, la abundancia de hongos disminuyó 39 % N2 < N1 solo en las parcelas Sin CC (FN * CC < 0,05) (Figura 1 b). Evidencias previas mostraron que la diversidad de la comunidad fúngica fue más sensible que las bacterias a incrementos en los contenidos de nutrientes del suelo (Li et al., 2018). Piazza et al. (2019) hallaron que la fertilización nitrogenada y fosforada afectó negativamente a la comunidad de hongos y generó una significativa reducción en la abundancia de ciertas especies.

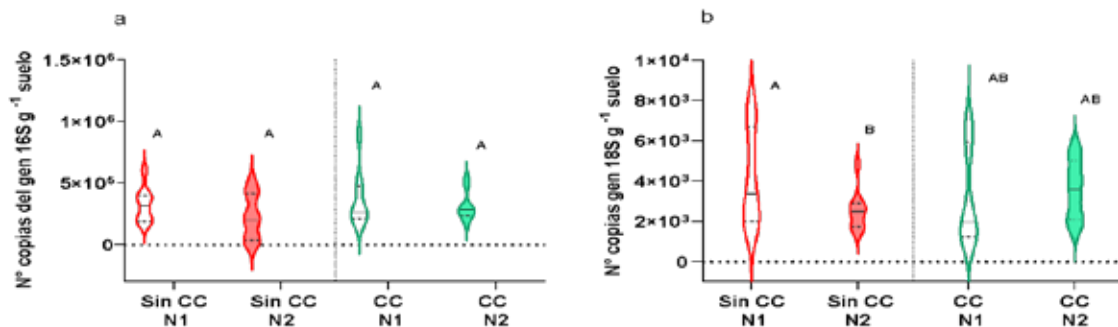


Figura 1. Abundancia de bacterias (ARNr 16S) (a) y hongos (ARNr 18S) (b) para los tratamientos Sin CC (rojo); CC (verde); N1 (vacíos) y N2 (llenos). Gráfico de violín representa la distribución total de los datos, en el cual la parte ancha indica la mayor abundancia de los datos. Valor medio está representado por línea negra continua. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (p valor < 0.05).

Efecto cultivo de cobertura

El CC disminuyó Ce (10%) y aumentó COS (7%) en relación a la parcela Sin CC (Tabla 1). Nuestros resultados muestran que la incorporación de CC en el largo plazo, aún en secuencia de cultivos con alta proporción de gramíneas, produjo cambios significativos positivos para el secuestro de C. Anteriormente ha sido reportado el aumento de COS por inclusión de CC en parcelas con monocultivo de soja (Novelli, Caviglia, and Piñeiro 2017), aunque estos cambios no se habían registraron en rotaciones con gramíneas (Serri et al. 2018). Además, se observó una tendencia a mayor contenido de COS cuando se incorporó CC y N2 (FN * CC > 0,05).



El CC, a diferencia de la FN, tuvo efecto significativo sobre un mayor número de enzimas involucradas en diferentes ciclos de C, N y S. El CC tuvo efecto sobre la actividad de las enzimas del ciclo C: aumentó AGLU, pero disminuyó GLUC; la actividad de las enzimas del ciclo de N aumentó (NAG y LEU); y la del ciclo de S (ARI) disminuyó. El aumento de la actividad enzimática en CC se asocia con la mayor actividad de los microorganismos y las enzimas para degradar el mayor aporte de biomasa aérea y radicular (Chavarría et al. 2016). La abundancia de bacterias, hongos y la relación hongo/ bacteria no fue sensible a la incorporación de CC, en coincidencia con lo reportado por Brandan et al. (2017) y Serri et al. (2022). En esta línea, Figuerola et al. (2015) reportó que la comunidad microbiana, principalmente las especies endémicas, en rotaciones de cultivo mantiene la diversidad al igual que las pasturas naturales y sólo se vio alterada bajo prácticas de monocultivo.

Análisis conjunto de variables químicas y biológicas

El ACP nos permite simplificar la información suministrada y observar agrupamiento de datos por efecto de CC y FN. Las dos primeras componentes principales (CP) explicaron el 81.5% de la variabilidad de los datos. El CP1 separó claramente los tratamientos sin CC (valores positivos) de los tratamientos que incluyen CC (valores negativos). Los autovectores, que representan la contribución relativa de cada variable en las dos componentes, con los mayores valores positivos fueron: CE, ARI y NAG, mientras que los mayores valores negativos fueron: AGLU, LEU, COS, Nan, pH. El CP2 separó los tratamientos N2 (valores positivos) de los tratamientos N1 (valores negativos), los autovectores con los mayores valores positivos fueron: P, XIL, BGLU, PME, GLUC y Nan, mientras que los mayores valores negativos fueron: CEL, bacterias y hongos.

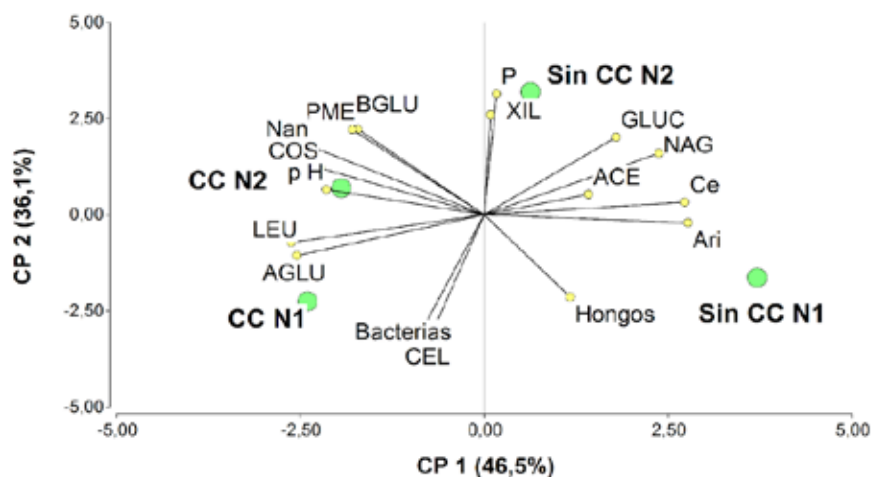


Figura 2. Análisis de componentes principales sobre todas las variables analizadas.

CONCLUSIONES

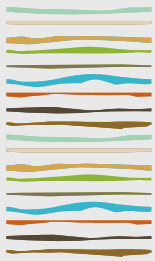
Para lograr la sustentabilidad de los sistemas agrícolas continuos es necesario la implementación de prácticas de intensificación que permitan mantener la diversidad de microorganismos, el ciclado de nutrientes y el secuestro de carbono. La incorporación de cultivos de cobertura, aún en rotaciones con alta proporción de gramíneas, aumentó el COS, disminuyó Ce y aumentó la actividad de un gran número de enzimas de distintos ciclos de los nutrientes. Sin embargo, en este trabajo la abundancia de hongos y bacterias no fue un indicador sensible para evaluar el efecto de la incorporación de CC en secuencia de cultivos con gramíneas aún luego de 15 años. Por otro lado, en sistemas donde se plantean mayores dosis de nitrógeno para ajustar las demandas de nitrógeno de las gramíneas de alto rendimiento, la incorporación de CC permitió mantener los niveles de pH del suelo y no alterar la abundancia de los microorganismos, principalmente hongos que fueron los más sensibles a esta práctica. Es de destacar que los efectos de las IA deben ser analizadas a largo plazo desde una visión que integre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, su salud y la productividad de los mismos.



BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, R. 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use Manag.*, 21(1), 38–52.
- Beltran, M. J., L. Brutti; R. Romaniuk; S. Bacigaluppo; F. Salvagiotti; H. Sainz-Rozas & J.A. Galantini. 2016. Calidad de la materia orgánica y disponibilidad de macro y micronutrientes por la inclusión de trigo como cultivo de cobertura. *Cienc. del Suelo*, 34(1): 67–79.
- Blanco-Canqui, H; TM Shaver; JL Lindquist; CA Shapiro, RM Elmore, R; CA Francis & GW Hergert. 2015. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. *Agron. J.*, 107(6): 2449–2474.
- Peréz Brandan, C; D Chavarría; J Huidobro; JM Meriles & S Vargas Gil. 2017. Influence of a tropical grass (*Brachiaria brizantha* cv. Mulato) as cover crop on soil biochemical properties in a degraded agricultural soil. *Eur. J. Soil Biol.*, 83: 84–90.
- Caviglia, OP & FH Andrade. 2010. Sustainable intensification of agriculture in the Argentinean pampas: Capture and use efficiency of environmental resources. *Am. J. Plant Sci. Biotechnol.* 3: 1-8.
- Chavarría, DN; RA Verdenelli; DL Serri; SB Restovich; AE Andriulo; JM Meriles & S Vargas-Gil. 2016. Effect of cover crops on microbial community structure and related enzyme activities and macronutrient availability. *Eur. J. Soil Biol.*, 76: 74–82.
- Figuerola, ELM; LD Guerrero; D Türkowsky; LG Wall & L Erijman. 2015. Crop monoculture rather than agriculture reduces the spatial turnover of soil bacterial communities at a regional scale. *Environ. Microbiol.*, 17(3): 678–688.
- Gudelj, V; H Ghio; O Gudelj; C Lorenzon; MB Conde; PJ Ioele ... F García. 2017. Evaluación de reposición de nutrientes en experimentos de larga duración del Sudeste de Córdoba. En Fernando Salvagiotti, H. Krüger, & G. Studdert (Eds.), *Ensayos de larga duración en Argentina: Un aporte al logro de Sistemas Agrícolas Sustentables (INTA 1o Ed, pp. 115–144).*
- Li, P, Li, Y., Zheng, X., Ding, L., Ming, F., Pan, A., ... Tang, X. 2018. Rice straw decomposition affects diversity and dynamics of soil fungal community, but not bacteria. *J. Soils Sediments*, 18(1), 248–258.
- Liang, Q., Chen, H., Gong, Y., Yang, H., Fan, M., & Kuzyakov, Y. 2014. Effects of 15 years of manure and mineral fertilizers on enzyme activities in particle-size fractions in a North China Plain soil. *Eur. J. Soil Biol.*, 60, 112–119.
- Novelli, LE; OP Caviglia & G Piñeiro. 2017. Increased cropping intensity improves crop residue inputs to the soil and aggregate-associated soil organic carbon stocks. *Soil Tillage Res.*, 165: 128–136.
- Ortiz, J; VS Faggioli; H Ghio; MF Boccolini; JP Ioele; P Tamburrini ... V Gudelj. 2020. Impacto a largo plazo de la fertilización sobre la estructura y funcionalidad de la comunidad microbiana del suelo. *Cienc. del Suelo*, 38(1): 45–55.
- Piazza, G; L Ercoli, L; M Nuti & E Pellegrino. 2019. Interaction between conservation tillage and nitrogen fertilization shapes prokaryotic and fungal diversity at different soil depths: evidence from a 23-year field experiment in the mediterranean area. *Front. Microbiol.*, 10: 1–20.
- Reardon, CL; AM Klein; CJ Melle; CH Hagerty; ER Klarer; S Machado ... SB Wuest. 2022. Enzyme activities distinguish long-term fertilizer effects under different soil storage methods. *Appl. Soil Ecol.*, 177: 104518.
- Sainz Rozas, H; M Eyherabide; G Larrea; M Martínez Cuesta; H Angelini; N Reussi Calvo & N Wyngaard. 2019. Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. *Actas Simposio Fertilidad*, 141–158.
- Salvagiotti, F; A Vernizzi; M Bodrero & S Bacigaluppo. 2012. Cambios en el corto plazo en distintas fracciones de la materia orgánica en respuesta a la inclusión de cultivos de cobertura en secuencias basadas en soja. En A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 88–91).
- Serri, DL; M Boccolini; R Oberto; D Chavarria; N Bustos; C Verttorello ... S Vargas Gil, S. 2018. Efecto de la agriculturización sobre la calidad biológica del suelo. *Cienc. del suelo*, 36(1), 124–137.
- Serri, DL; C Pérez-Brandan; JM Meriles; F Salvagiotti; S Bacigaluppo; A Malmantile & S Vargas-Gil. 2022. Development of a soil quality index for sequences with different levels of land occupation using soil chemical, physical and microbiological properties. *Appl. Soil Ecol.*, 180: 104621.
- Truong, C; LA Gabbarini; A Corrales; AB Mujic; JM Escobar; A Moretto & ME Smith. Ectomycorrhizal fungi and soil enzymes exhibit contrasting patterns along elevation gradients in southern Patagonia. *New Phytol.*, 222(4), 1936–1950.
- Wall, LG; LA Gabbarini; AE Ferrari; JP Frene; J Covelli; D Reyna & NB Robledo. 2019. Changes of paradigms in agriculture soil microbiology and new challenges in microbial ecology. *Acta Oecologica*, 95: 68–73.
- Williams, A; G Börjesson & K Hedlund. 2013. The effects of 55 years of different inorganic fertiliser regimes on soil properties and microbial community composition. *Soil Biol. Biochem.*, 67, 41–46.





LA SUPRESIÓN DEL CULTIVO DE COBERTURA AFECTA LA COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD MICROBIANA RIZOSFÉRICA

Morales, M.E.^{1,*}, G.A. Iocoli^{1,2}, M. Allegrini¹, J. Basualdo², M.B. Villamil³, M.C. Zabaloy^{1,2}

¹ CERZOS-CONICET; ² Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur;

³ Crop Sciences Department, University of Illinois at Urbana-Champaign.

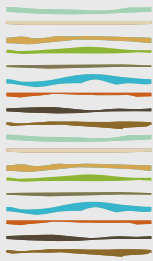
* San Andrés 800, Bahía Blanca (8000), Buenos Aires, marianelamorales28@hotmail.com

RESUMEN

Si bien se han demostrado efectos positivos de los cultivos de cobertura invernales (CCI) sobre las propiedades físico-químicas del suelo, se conoce relativamente poco sobre las respuestas del microbioma de suelo y plantas ante la introducción de CCI y manejos asociados. En particular, el crecimiento de los CCI se finaliza con aplicación de herbicidas o labores mecánicas antes de la siembra del cultivo de cosecha. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos del método de supresión (mecánico vs. químico) del CCI sobre la composición de la comunidad microbiana rizosférica de *Avena sativa* L. como CCI. El ensayo se realizó en parcelas con un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, repetido en dos campañas agrícolas (2018/19 y 2019/20). La supresión del crecimiento del CCI (estadio Z5.5) se realizó mediante acción mecánica (R, rolo faca de tiro manual) o química (DQ, glifosato). Se obtuvo suelo rizosférico antes de la supresión del CCI (sin supresión, SS) y de los tratamientos DQ y R cuando las plantas mostraron signos claros de desecación. A partir del suelo rizosférico fresco se extrajo el ADN con un kit comercial. La secuenciación de la región V4 del ARNr 16S para bacterias y la región ITS para hongos se generó mediante la tecnología Illumina MiSeq. El procesamiento de datos y análisis bioinformático se llevó a cabo mediante QIIME2. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con los datos de la tabla de los *reads* de las variantes de secuencias de amplicones transformados a *centered log-ratio* y clasificados a nivel de género. Los modelos lineales se ajustaron a cada CP utilizando el procedimiento GLIMMIX (SAS). Los resultados obtenidos mostraron que algunos géneros bacterianos (incluyendo *Chitinispirillum*, degradador de quitina, y *Nocardioides*, degradador de hidrocarburos) incrementaron su abundancia relativa en la rizósfera como consecuencia de la aplicación de ambos métodos de supresión, mientras que otros géneros considerados como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) (*Duganella*, *Massilia*, *Erythrobacter*, *Novosphingobium*, *Phenylobacterium* y *Curvibacter*) fueron negativamente afectados. Llamativamente, el R favoreció a bacterias PGPR (*Methylobacterium*) y disminuyó un género asociado con la degradación de la materia orgánica (*Stella*). Además, tanto R como DQ incrementaron la abundancia relativa de géneros fúngicos identificados como patógenos vegetales y saprófitos de suelo (*Dokmaia*, *Haematonectria*, *Phialophora* y *Spizellomyces*). Sería necesario un análisis más completo de las interacciones dentro de las comunidades microbianas rizosféricas afectadas por las prácticas de manejo de los CCI para sugerir estrategias de manejo de los CCI que permitan mantener la sustentabilidad agrícola y ambiental.

Palabras clave: rolado, glifosato, microbioma de avena.





LA SUPRESIÓN DEL CCI ANTECESOR NO AFECTA LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FÚNGICA DE GIRASOL

Morales, M.E.^{1*}, M. Allegrini¹, G.A. Iocoli^{1,2}, J. Basualdo², M.B. Villamil³, M.C. Zabaloy^{1,2}

¹ CERZOS-CONICET;

² Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur;

³ Crop Sciences Department, University of Illinois at Urbana-Champaign.

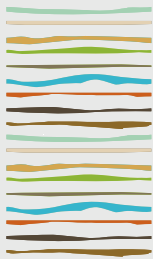
* San Andrés 800, Bahía Blanca (8000), Buenos Aires, marianelamorales28@hotmail.com

RESUMEN

Es escasa la información referente a los efectos que los manejos aplicados al cultivo de cobertura invernal (CCI) pueden ocasionar sobre el microbioma rizosférico del cultivo sucesor. En particular, los CCI pueden compartir hongos patógenos con el cultivo principal ya sea como "puentes verdes" o "puentes marrones", actuando como hospedadores, aún sin desarrollar síntomas visibles. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la estructura de la comunidad de hongos en la rizosfera de girasol (*Helianthus annuus* L.) en respuesta al método de supresión del CCI antecesor y a la fertilización fosforada. El ensayo se realizó en parcelas con un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, a lo largo de dos campañas agrícolas (2018/19 y 2019/20). Dieciséis parcelas se sembraron con avena (*Avena sativa* L., como CCI) y cuatro parcelas se mantuvieron con barbecho. El CCI se suprimió mediante acción mecánica (R, rolo faca de tiro manual) o química (DQ, glifosato), mientras que en las parcelas con barbecho se aplicó glifosato para el control de vegetación espontánea. A los 13 días de la supresión del CCI se realizó la siembra de un híbrido de girasol, aplicando 30 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico a la mitad de las parcelas roladas (RP) y desecadas químicamente (DQP) y a las parcelas que se destinaron a barbecho (BP). Se tomaron muestras de suelo rizosférico en estado vegetativo y se extrajo el ADN metagenómico para su análisis mediante secuenciación de la región ITS para hongos con la plataforma MiSeq (Illumina) y análisis de secuencias con QIIME2. Los datos se ingresaron luego en la plataforma de detección de predictores JMP® (SAS Institute Inc.) y los géneros seleccionados se analizaron por modelos mixtos con el software estadístico SAS, previa aplicación de la transformación *centered-log ratio*. El ordenamiento mediante NMDS con distancia UniFrac generalizada no mostró una separación de las comunidades en respuesta a los diferentes tratamientos. Asimismo, los géneros fúngicos no mostraron un efecto significativo del tratamiento (ANOVA, $P > 0,05$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas para los índices de riqueza de especies. La riqueza estimada (Chao-1) fue menor en BP con respecto a DQ (con o sin P) y RP, mientras que R tuvo una menor riqueza que RP. En tanto, la riqueza observada (ASVs observados) fue menor en BP respecto de RP, pero no se diferenció del resto de los tratamientos. Los resultados demuestran que la supresión del CCI no ejerce una influencia diferencial sobre las comunidades fúngicas del cultivo sucesor en estadios tempranos. No obstante, deberían ser confirmados con análisis del microbioma de raíces en estadios más avanzado y con estudios donde esta rotación se mantenga por más largo plazo.

Palabras clave: glifosato, rolado, secuenciación de ITS.





BACTERIAS EDÁFICAS DE AMBIENTES ÁRIDOS CON PROPIEDADES PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN PLÁNTULAS DE TOMATE

Navas M.D.^{1,*}, J.G. Bueno¹, G.S. Vargas¹, E.M. Medina¹, F. Vazquez¹, Paroldi, H.E.¹

¹ Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Ingeniería; Instituto de Biotecnología;

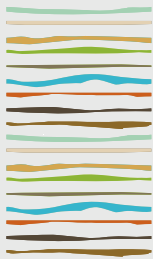
* Av. Libertador Gral. San Martín oeste 1107 (5400). Prov. de San Juan, dani.navas29@gmail.com

RESUMEN

Los suelos de ambientes áridos, como los de la provincia de San Juan, se caracterizan por ser nutricionalmente pobres, poco desarrollados y, en consecuencia, propensos a degradación. Las prácticas agrícolas tradicionales que se basan en el uso de agroquímicos para fertilizar o controlar plagas, aceleran la pérdida de horizontes edáficos y amenazan la sostenibilidad el cultivo en el tiempo en estos ecosistemas. Una alternativa para mitigar los efectos de la agricultura tradicional es la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB). Dentro del grupo de los microorganismos con características benéficas para las plantas, aquellos aislados de suelos áridos son herramientas biotecnológicas valiosas, ya que al crecer en condiciones hostiles propias de los desiertos, su plasticidad fenotípica a diferentes escenarios climáticos les ayudaría a soportar situaciones estresantes en ambientes agrícolas del árido. De esta manera, las bacterias edáficas de suelos áridos tendrían mejores posibilidades de promover el crecimiento de plantas que aquellas con menos aptitudes de aclimatación a las condiciones de estrés ambiental. El objetivo de este trabajo fue aislar y caracterizar bacterias de suelos áridos en base a propiedades PGPB y probar su efectividad en el desarrollo de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivo de importancia para la provincia de San Juan. Se caracterizó *in vitro* un pool de 60 bacterias edáficas en base a tres propiedades PGPB: fijación de nitrógeno (FBN), solubilización de fosfato (SF), producción de ácido indol-3-acético (AIA). Posteriormente, para evaluar el efecto promotor del crecimiento en plantas *in vivo*, se realizó un ensayo a campo donde se inocularon los aislamientos bacterianos en plántulas de tomate y se midieron las variables longitud, peso fresco y seco de raíz y tallo luego de 45 días de incubación. El control positivo consistió en plántulas inoculadas con un consorcio de *Azospirillum spp.*, y como negativo, plántulas sin inocular. Cada inóculo se realizó por triplicado. Los resultados demostraron que, de las 10 bacterias que presentaron las 3 propiedades PGPR evaluadas *in vitro*, 6 coincidieron con un crecimiento de plántulas mayores al control negativo en uno o más parámetros medidos, y 4 de ellas, un crecimiento similar al control positivo. Del resto de los aislamientos evaluados, 6 demostraron una mejoría en el crecimiento radicular respecto del control negativo y similar al control positivo. Por su parte, 4 de las plántulas inoculadas con otros aislamientos, demostraron crecimiento aéreo mayor al control positivo, coincidiendo con producción diferencialmente mayor de AIA de los aislamientos. La evaluación de aptitudes PGPR en aislamientos bacterianos es una herramienta valiosa para identificar bacterias benéficas de plantas debido a que pueden indicar un posible efecto positivo en el crecimiento de las plántulas de tomate. Sin embargo, estas características y efectos son variados y es necesario medir numerosos parámetros PGPB para detectar posibles mecanismos compatibles con un mayor desarrollo vegetal. Los aislamientos de suelos del árido demuestran ser potenciales herramientas para mejorar el crecimiento en cultivos de tomate.

Palabras clave: ambientes áridos, PGPR, *Solanum lycopersicum*.





APORTES DE CULTIVOS DE COBERTURA Y COMPOST A LA FERTILIDAD Y SALUD DEL SUELO EN SISTEMA AGRICOLA EXTENSIVO AGROECOLOGICO

Ortiz, J.^{1*}, V.S. Faggioli¹, V.R. Pegoraro¹, T. Baigorria¹, O.E. Gudelj¹, C.R. Cazorla², G. Velez¹, M.B. Aimetta¹, C.A. Lorenzon¹, M. Maury¹, L.A. Pereyra¹, L.A. Gabbarini³

¹ INTA EEA Marcos Juárez, Cba;

* Ruta Provincial 3, km 3, (2580) Marcos Juárez, Prov. de Córdoba, ortiz.jimena@inta.gob.ar;

² Asociación CREA;

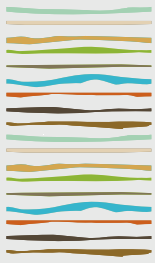
³ Universidad Nacional de Quilmes.

RESUMEN

La inclusión de cultivos de cobertura (CC) y el uso de compost (F) son consideradas prácticas dentro de los principios de la agroecología. Sin embargo, existen escasos antecedentes en sistemas extensivos agrícolas sobre la calidad edáfica. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue evaluar el impacto del uso de CC y F como prácticas agroecológicas en una secuencia agrícola extensiva, y su potencialidad para mantener la fertilidad y salud del suelo. Se evaluaron cuatro tratamientos: CC con compost (CC-F), CC sin compost (CC-SF), sin CC con compost (SCC-F) y sin CC sin compost (SCC-SF), sobre una rotación soja-maíz-soja-trigo/soja (siembra directa). Se utilizó un diseño en bloques completos con tres repeticiones, sobre un suelo Argiudol típico. Se recolectaron muestras de suelo (0-10 cm de profundidad) al tercer y cuarto año de iniciado el experimento. Se estimó aportes de carbono (C) por los CC y compost en la secuencia de cultivo. Se determinaron parámetros de suelo químicos: C orgánico (COS), N orgánico, fracciones de C y N (grueso, fino y estabilizado), fósforo extractable, pH y conductividad eléctrica (CE); físicos: estabilidad de agregados (EA); y microbiológicos: C de la biomasa microbiana, respiración microbiana, coeficiente metabólico, actividades enzimáticas y secuenciación del gen 16S. Al estimar los aportes de C realizados en la rotación con los distintos tratamientos, se observa una tendencia de mayor a menor con CC-F>CC-SF>SCC-F>SCC-SF, con aportes de 6,6; 4,4; 1,9 y 1 Mg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. Sobre las propiedades físico-químicas, la F incrementó un 24% y 19% el COS y CE, respectivamente, mientras que, CC disminuyó el pH ($p<0,05$) e incrementó el COS (9%) ($p>0,05$). CC-F presentó mayor C orgánico particulado (COP) grueso y total, seguido por SCC-F, SCC-SF y CC-SF ($p<0,05$). Si bien, CC-SF realizó un gran aporte de C en la rotación, no se vio reflejado en los contenidos COS y COP. Esto podría indicar que ese aporte lábil fue utilizado como nutriente por los cultivos comerciales. La EA se incrementó con F ($p<0,05$). En propiedades microbiológicas, al evaluar los perfiles enzimáticos, CC-F incrementó la actividad enzimática de N-acetil glutaminasa ($p<0,05$). Mientras que, F incrementó las enzimas cellobiohidrolasa, acetilesterasa y fosfatasa ($p<0,05$). En cuanto a la comunidad microbiana, los CC y F incrementaron la biomasa microbiana ($p<0,05$), la eficiencia metabólica ($p<0,01$), la diversidad y riqueza de especies bacterianas. En la estructura de la comunidad, se observó efecto únicamente del CC (Permanova, $p<0,05$), en relación a SCC. Esto respondería a mayores raíces vivas en el sistema suelo y a un efecto "microbial coalescence". Finalmente, el género *Mezhorisobium* fue una de las especies indicadoras con el uso de CC, en conexión con los valores hallados de funcionalidad referidas al ciclo del N. A partir de estos resultados, se concluye que la combinación de las prácticas agroecológicas, CC más compost, resultó ser la más indicada para incrementar la fertilidad y la funcionalidad microbiana del suelo a través de los parámetros evaluados. Mientras que, los CC por si solos mantuvieron la fertilidad y salud del suelo, pero no lograron incrementarla.

Palabras clave: actividad enzimática, secuenciación 16S, rolado de cultivo de cobertura.





DIVERSIDAD DE CULTIVOS MEJORA EL CARBONO Y LAS FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL SUELO EN UN SISTEMA AGROECOLÓGICO

Ortiz, J.*¹, V.S. Faggioli¹, M. Zamora², M.F. Boccolini¹, C. Lorenzon¹, L.A. Gabbarini³

¹INTA EEA Marcos Juárez, Cba, Ruta provincial 12, km 3 ortiz.jimena@inta.gob.ar;

²INTA Barrow, Bs as;

³Universidad Nacional de Quilmes.

RESUMEN

El manejo agroecológico surge como una alternativa prometedora al manejo actual, el cual está asociado al empobrecimiento en la calidad ambiental y la fertilidad del suelo. Por tal motivo el objetivo de este estudio fue evaluar la reconversión de un manejo convencional a un manejo agroecológico a través de propiedades químicas y microbiológicas de suelo. Este estudio se realizó en un ensayo localizado en la chacra experimental INTA Barrow, que cuenta con 16 ha donde en 8 ha se desarrolla un manejo convencional y en las 8 ha restantes se desarrolla un manejo agroecológico. Se realizó un muestreo de suelo a 0-10 cm de profundidad, y se determinaron parámetros químicos y microbiológicos de suelo. Se evidenció una restauración en la fertilidad del suelo con el manejo AE, ya que se lograron incrementos en el COS, NT y pH, en el orden de 21%, 16% y 3%. En cuanto a los perfiles enzimáticos con el manejo AE se vieron incrementadas actividades del ciclo del C: CBH y BG; del ciclo del N: NAG y del ciclo del S: SUL. En cuanto a la comunidad microbiana se observó un incremento en el CBM, como también en la diversidad y riqueza de la comunidad bacteriana ($p < 0,05$), esto puede deberse al incremento en la calidad de los residuos, diversos estudios reportan el incremento en la diversidad de bacterias al incorporar cultivos de cobertura o intercultivos leguminosas. Las comunidades bacterianas y fúngicas difirieron entre manejos (Permanova, Bacterias $p < 0,017$ $r^2 = 0,1074$; Hongos $p < 0,001$, $r^2 = 0,1973$). Las comunidades del manejo AE tanto bacterianas como fúngicas fueron las únicas que se correlacionaron positiva y significativamente a las propiedades del suelo medidas, corroborando que su función es clave en dichos sistemas. Estos resultados reafirman la importancia de mejorar la biodiversidad aérea como subsuperficial para mantener y/o restaurar la fertilidad del suelo.

Palabras clave: cultivos de cobertura, estiércol, comunidad microbiana.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las mayores industrias del mundo, proporciona alimento a una multitud de especies. A pesar de que, en Argentina, como en muchos otros países de América Latina, el 90% de las tierras agrícolas se llevan a cabo bajo prácticas de labranza cero (Albertengo et al., 2013), las prácticas de cultivo se basan en el uso de cultivos modificados genéticamente, escasa rotación y alta dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos (Altieri y Nicholls, 2017). En consecuencia, la agricultura está asociada al empobrecimiento de la calidad del medio ambiente y a una notable disminución de la fertilidad del suelo (Sainz Rozas et al, 2019). Para garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo y preservar los recursos naturales, existe una preocupación de la sociedad por la adopción de prácticas agrícolas sostenibles. El manejo agroecológico surge como una alternativa prometedora debido a que fue concebido como un enfoque sistémico que abarca los componentes productivos, ambientales y sociales (Gliessman, 2012; Wezel et al. 2014).



En comparación con la agricultura convencional, el manejo agroecológico puede promover el funcionamiento biológico del suelo principalmente al reducir los aportes externos de fertilizantes minerales y aumentar la diversidad de cultivos. Sin embargo, aún no se sabe si esto es cierto después de la conversión del manejo convencional al agroecológico, especialmente si la agricultura convencional se lleva a cabo con prácticas sostenibles de rotación de cultivos y sin labranza. El objetivo de este estudio fue evaluar comparativamente el efecto acumulado de los manejos convencionales y agroecológicos sobre propiedades químicas, composición y de las comunidades microbianas del suelo y las funciones biogeoquímicas del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un experimento establecido en el año 2011 en la chacra experimental INTA Barrow, sobre un suelo Argiudol Típico y Argiudol Petrocalcico, que cuenta con 16 ha donde en 8 ha se desarrolla un manejo convencional y en las 8 ha restantes se desarrolla un manejo agroecológico.

El muestreo se realizó a la cosecha del trigo en noviembre de 2016, se recolectaron muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad con barreno de 2,5 cm de diámetro. Partiendo de estudios previos (Aparicio et al., 2018) se seleccionaron 2 zonas de muestreo dentro del manejo AE y 2 zonas de muestreo dentro del manejo CV donde a su vez se definieron 5 puntos de muestreo y se tomaron 20 submuestras en cada uno de ellos. Las muestras fueron tamizadas en húmedo por tamiz de 2 mm y se conservaron según las determinaciones posteriores, una fracción se secó a T° ambiente para las determinaciones químicas, otra fracción se conservó a 4°C para actividad microbiana y otra fracción se conservó a -20 ° C para la extracción de ADN genómico. Se realizaron las siguientes determinaciones: Químicas: Carbono orgánico del suelo (COS) (Walkley y Black, 1934); fósforo extractable (Pe) según Bray y Kurtz (IRAM 29570-1, 2010); nitrógeno total (NT) por microdestilación; pH (IRAM 29410, 1999); conductividad eléctrica (Ce) (Rhoades, 1996). Biológicas: se analizó actividad de enzimas del ciclo de C: Celobiohidrolasa (CBH), β -glucosidasa (BG), acetilesterasa (ACE); del ciclo de N: quitinasa o N-acetil-b-glucosamina (NAG); del ciclo de P: fosfatasa ácida (FA); y del ciclo de S: arilsulfatasa (SUL) (Truong et al. 2019). Respiración microbiana (RM) se estimó mediante incubación durante siete días a 25°C, carbono de la biomasa microbiana (CBM) por fumigación-extracción (Vance et al., 1987), y el cociente metabólico (qCO₂). La comunidad microbiana de hongos y bacterias se estudió mediante DGGE (Muyzer et al., 1993) A partir de ADN genómico extraído con kit MOBIO, se amplificaron la región 16S e ITS a través de nested-PCR. Se prepararon geles de poliacrilamida al 8% con un gradiente lineal desnaturalizante de 40 a 60% para bacterias y de 30 a 55% para hongos. Las condiciones de electroforesis fueron a 60 V durante 16 h a 60 °C. Los geles se tiñeron con GelRed en TAE 1X durante 45 min y se visualizaron bajo luz UV. Los perfiles DGGE fueron digitalizados y analizados con el software Gel Compare II (Applied Maths). La posición e intensidad de las bandas fueron utilizadas para posteriores análisis estadísticos y estimación de índices de diversidad (Riqueza y Shannon-Wiener).

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa INFostat (Di Rienzo et al., 2019). Se aplicó un Modelo Lineal General Mixto (MLM) tomando como efecto fijo los manejos, y como efectos aleatorios a las repeticiones de campo. Cuando el p-valor del test fue $p < 0,05$ se compararon las medias por el test LSD con significancias del 5%. La comparación en la composición de las comunidades se realizó mediante permanova. El gráfico de composición de comunidades se realizó en base a un PCO (Principal Coordinate Analysis) con el paquete labsdv de R (R Development Core Team, 2021). Se estimaron correlaciones lineales entre las variables microbiológicas y las comunidades bacterianas con la función envfit del paquete vegan del software R, sólo se graficaron los vectores correlacionados significativamente ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades químicas

En este estudio se encontró una mejora significativa en la fertilidad del suelo tras la conversión del manejo CV al manejo AE. El COS, NT y pH fueron un 21%, 16% y 3% más altos en AE que en CV ($p < 0,05$); sin efecto sobre la relación C:N del suelo y el Pe (Tabla 1). El incremento en los niveles de COS es de gran importancia en términos de sostenibilidad y teniendo en cuenta la multiplicidad de beneficios asociados a los contenidos de COS. Reconstruir el COS en suelos agrícolas es una estrategia para mejorar la fertilidad del suelo, ya que



el COS afecta a muchas propiedades de los suelos, incluyendo su capacidad para retener agua y nutrientes, para proporcionar una estructura que promueva un drenaje y una aireación eficientes, y para minimizar la pérdida de la capa superficial del suelo a través de la erosión (Foley et al., 2011). En nuestro estudio, la mayor diversidad de cultivos en el sistema AE fue un factor clave para mejorar las existencias de COS. La mayor diversidad de plantas aumenta los ingresos de carbono debido a una mayor rizodeposición y el consiguiente incremento de la actividad microbiana. Lange et al. (2015) demostraron que el alto almacenamiento de carbono con una alta diversidad de plantas era una función directa de los microorganismos del suelo debido a la integración de nuevo carbono y a la menor descomposición del carbono existente en el suelo.

Tabla 1: Propiedades químicas y biológicas del suelo \pm error estandar y valores *p* del ANOVA (MGLM) para los manejos agroecológico (AE) y convencional (CV).

Propiedades		Manejo		ANOVA <i>p</i> -valor
		AE	CV	
COS	<i>mg g⁻¹</i>	33.22 \pm 0.56 a	27.78 \pm 0.82 b	**
NT	<i>mg g⁻¹</i>	3.00 \pm 0.16 a	2.37 \pm 0.08 b	**
Pe	<i>mg kg⁻¹</i>	22.40 \pm 4.82	21.10 \pm 2.47	ns
C:N		11.37 \pm 0.57	11.88 \pm 0.48	ns
Ph		7.03 \pm 0.07 a	6.82 \pm 0.10 b	**
CBM	<i>mg g⁻¹</i>	0.52 \pm 0.02 a	0.44 \pm 0.04 b	*
RM	<i>mg g⁻¹</i>	0.04 \pm 0.00	0.05 \pm 0.01	ns
qCO ₂		0.09 \pm 0.01	0.13 \pm 0.04	ns
NAG	<i>nmol h⁻¹ g⁻¹</i>	193.42 \pm 22.94 a	113.32 \pm 11.57 b	**
SUL		20.76 \pm 1.79 a	14.88 \pm 1.84 b	*
BG		446.62 \pm 29.88 a	300.53 \pm 24.05 b	**
ACE		3374.50 \pm 279.66	3270.34 \pm 395.08	ns
FA		1030.77 \pm 88.36	915.15 \pm 87.93	ns
CBH		55.45 \pm 9.72 a	35.62 \pm 5.36 b	*
Riqueza	Bacterias	38.1 \pm 1.07 a	31.7 \pm 1.48 b	**
	Hongos	24.5 \pm 0.69	24.4 \pm 0.87	ns
Diversidad Shannon-Wiener	Bacterias	3.61 \pm 0.03 a	3.40 \pm 0.05 b	**
	Hongos	3.15 \pm 0.03	3.15 \pm 0.03	ns

Letras distintas entre filas indican diferencias significativas al 1% (**) y 5% (*). Carbono orgánico del suelo (COS), nitrógeno total (NT), fósforo extractable (Pe), relación carbono nitrógeno (C:N), concentración de iones de hidrógeno (pH), carbono de la biomasa microbiana (CBM), respiración microbiana (RM), coeficiente metabólico (qCO₂), N-acetil-b-glucosamina (NAG), arilsulfatasa (SUL), β -glucosidasa (BG), acetiltransferasa (ACE), fosfatasa ácida (FA) y Celobiohidrolasa (CEL).

El pH del suelo es un determinante importante de las reacciones biogeoquímicas y regula procesos edáficos cruciales. Diversos estudios reportan acidificación de los suelos agrícolas principalmente con la fertilización mineral de N (Restaurar el pH del suelo es el mejor enfoque para superar los efectos negativos del deterioro del suelo (acidificación) y puede mejorar las funciones del suelo y la disponibilidad de nutrientes. En nuestro estudio, los resultados demuestran que la sustitución de los fertilizantes químicos por rotaciones de cultivos basados en leguminosas y estiércol de ganado podría considerarse como una alternativa al encalado en suelos ligeramente ácidos.

Propiedades microbiológicas

El manejo agroecológico generó un aumento del CBM y de las actividades enzimáticas en general, particu-



laramente de aquellas enzimas asociadas al nitrógeno, al azufre y al carbono: NAG, SUL, BG y CBH ($p < 0,05$), en cuanto a la respiración microbiana y coeficiente metabólico no se observaron diferencias entre manejo (Tabla 1). Varios estudios demostraron un aumento de la biomasa microbiana y de la actividad microbiana cuando se realizan cultivos intercalados de legumbres y cereales (McDaniell et al., 2014, Song et al., 2007). El ciclo de los nutrientes en los suelos implica reacciones bioquímicas, químicas y fisicoquímicas, siendo las reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas. Las reacciones enzimáticas se ven fuertemente afectadas por el ambiente circundante y la fuente de carbono (Nannipieri et al., 2018). Como se mencionó, se encontró una mejora en el COS, NT y pH del suelo en el manejo AE en comparación con CV, inferimos que dicha mejora en la calidad del suelo podría ser un factor desencadenante de actividades enzimáticas específicas. Salazar et al., (2011) observaron que la mayoría de las actividades enzimáticas tenían valores más altos a mayores contenidos de C y N en el suelo. Además, las actividades enzimáticas de reciclaje de C y N aumentaron con la biodisponibilidad de N y C (Bowles et al. 2014). Teniendo en cuenta que la fuente de nutrientes en AE fue el ciclo natural de los cultivos diversificados y las heces del ganado en pastoreo, ambas prácticas fueron lo suficientemente fuertes para afectar beneficiosamente a los ciclos de C y N mediados por las actividades enzimáticas. Por lo tanto, nuestros resultados demuestran la importancia del diseño estratégico de la rotación de cultivos y del suministro de nutrientes en la funcionalidad del suelo. Dias et al. (2015) señalaron que el diseño de las rotaciones de cultivos implica objetivos socioeconómicos, agronómicos y ambientales

Estructura de la comunidad microbiana

La sensibilidad de las comunidades microbiana a las prácticas de manejo quedó demostrada en nuestro estudio. En cuanto a parámetros de alfa diversidad como la riqueza e índice de Shannon-Wiener (Tabla 1), se encontró diferencias en la comunidad de bacterias ($p < 0,05$). Esto puede atribuirse a una mejora en la calidad de los rastrojos al incorporar cultivos de cobertura e intercultivos con leguminosas (ej. trébol con trigo) en el manejo AE. Frasier et al. (2016) reportaron en un estudio que después de 3 años de diversificar un monocultivo de sorgo con cultivos de cobertura leguminosa, la población de bacterias aumentó y este aumento se asoció con la mayor calidad del residuo. Zhou et al, 2011 también reportaron cambios en la composición y aumentos en la diversidad bacteriana al utilizar cultivos intercalados. Una mayor diversidad y riqueza sugieren un sistema más resiliente y estable frente a los cambios en el ambiente debido a la mayor redundancia de actividades (Wagg et al., 2014). La composición de la comunidad microbiana (betadiversidad) de hongos ITS y bacterias 16S rRNA, estudiada por DGGE, se vio significativamente afectada por el sistema de manejo utilizado (Permanova, Bacterias $p < 0,017$ $r^2 = 0,1074$; Hongos $p < 0,001$, $r^2 = 0,1973$) (Figura 1 a y b). La composición de las comunidades fúngicas y bacterianas en el sistema AE fueron diferentes a las del sistema CV. Resultados similares fueron reportados por Song et al. (2007) quienes al estudiar la comunidad bacteriana a través de DGGE obtuvieron una composición diferente de la comunidad y mayor diversidad. Al evaluar las relaciones entre la comunidad microbiana y las propiedades del suelo (Figura 1), se observa que las comunidades del manejo AE fueron las únicas que se relacionaron a dichos parámetros a diferencia de las comunidades del manejo CV que no tuvieron relación con los parámetros medidos. La comunidad bacteriana en AE se correlacionó positiva y significativamente con los contenidos de COS, TN, BG y SUL (Figura 1 A). Mientras que la comunidad fúngica de AE se correlaciono con COS y BG (Figura 1 B). Se puede corroborar en este estudio que los procesos relacionados con el ciclado de la materia orgánica y los nutrientes en AE fueron función directa de las comunidades microbianas (Lange et al., 2015).



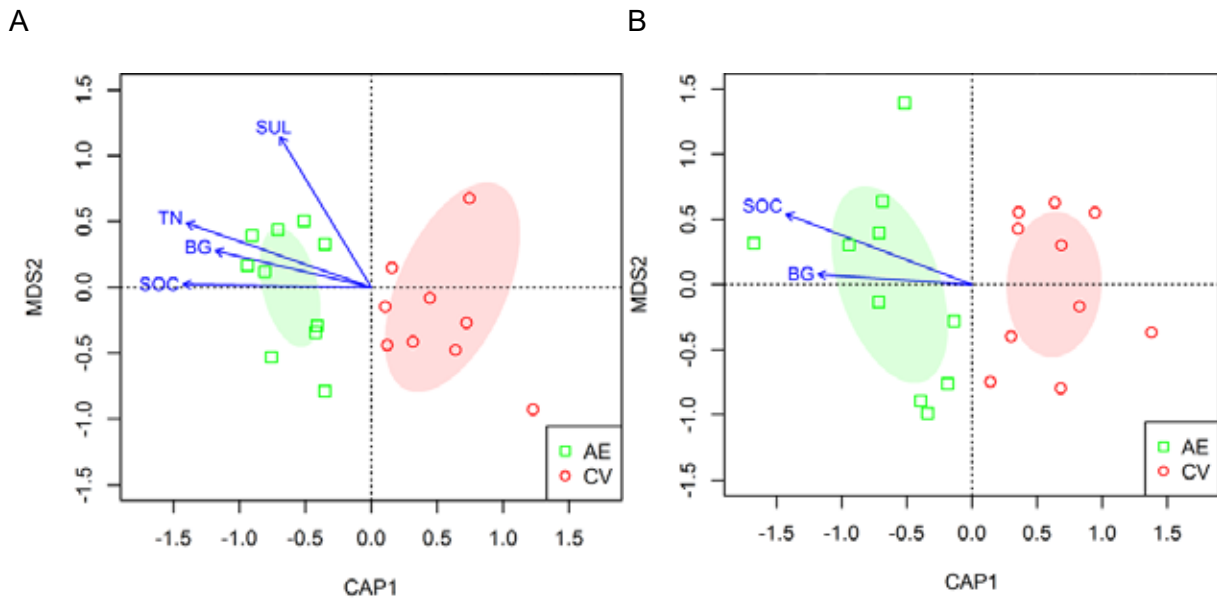


Figura 1. Composición de la comunidad microbiana de (A) bacterias y (B) hongos presentes en muestras de suelo del manejo Agroecológico (AE) y Convencional (CV). El análisis del PCO se basó en la matriz de presencia-ausencia generada a partir de los amplicones de ARNr 16S e ITS1 tras la técnica de DGGE. Los vectores representan correlaciones significativas entre la ordenación y las propiedades del suelo: COS (carbono orgánico del suelo), SUL (arilsulfatasa), NT (nitrógeno total), BG (β -Glucosidasa). Las elipses indican una unidad de desviación estándar desde el centroide de cada grupo.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados indican que el manejo agroecológico logró restaurar tanto la fertilidad química como biológica del suelo ya que se observaron incrementos en el COS, NT y pH, como así también se observaron incrementos en la biomasa microbiana (CBM), actividades enzimáticas del ciclo del C, N y S, como así también aumento en la diversidad y riqueza de la comunidad bacteriana. A su vez los manejos presentaron distintas comunidades microbianas, y las comunidades del manejo AE tanto bacterianas como fúngicas fueron las únicas que se correlacionaron positiva y significativamente a las propiedades del suelo medidas, corroborando que su función es clave en dichos sistemas. Estos resultados reafirman la importancia de mejorar la biodiversidad del suelo a través de prácticas agroecológicas para mantener el funcionamiento y sus servicios eco-sistémicos.

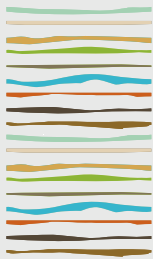
BIBLIOGRAFÍA

- Albertengo, J; C Belloso; MB Giraud; R Peiretti; H Permingeat & L Wall. 2013. Conservation Agriculture in Argentina. Conservation agriculture: Global prospects and challenges, 352.
- Altieri, MA & CL Nicholls. 2017. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change* 140(1): 33-45.
- Bowles, TM; V Acosta-Martínez; F Calderón & LE Jackson. 2014. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. *Soil Biology and Biochemistry* 68: 252-262.
- Di Rienzo, J; F Casanoves; M Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & C Robledo. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dias, T; A Dukes & PM Antunes. 2015. Accounting for soil biotic effects on soil health and crop productivity in the design of crop rotations. *J. Sci. Food Agric.*, 95: 447-454.
- Duchene, O; JF Vian & F Celette. 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 240: 148-161.
- Foley, JA; N Ramankutty; KA Brauman; ES Cassidy; JS Gerber; M Johnston; ND Mueller; C O'Connell; DK Ray; PC West; C Balzer; EM Bennett; SR Carpenter; J Hill; C Monfreda; S Polasky; J Rockström; J Sheehan; S Siebert; D Tilman & DPM Zaks. Solutions for a cultivated planet, *Nature* 478: 337-342.



- Frasier, I; E Noellemeyer; E Figuerola; L Erijman; H Permingeat & A Quiroga. 2016. High quality residues from cover crops favor changes in microbial community and enhance C and N sequestration. *Global ecology and conservation* 6: 242-256.
- Gliessman, SR. 2012. *Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture* (Vol. 78). Springer Science y Business Media.
- Lange, M; N Eisenhauer; CA Sierra; H Bessler; C Engels; RI Griffiths & S Steinbeiss. 2015. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications* 6: 6707.
- McDaniel, MD; LK Tiemann & AS Grandy. 2014. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications* 24(3): 560-570.
- Muyzer, G; EC Waal & AG Uitterlinden. 1993. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol* 59:695-700.
- Nannipieri, P; C Trasar-Cepeda & RP Dick. 2018. Soil enzyme activity: a brief history and biochemistry as a basis for appropriate interpretations and meta-analysis. *Biol Fertil Soils* 54: 11.
- Sainz Rozas, H; M Eyherabide; G Larrea; M Martínez Cuesta; H Angelini; N Reussi Calvo & N Wyngaard. 2019. Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. *Actas Simposio Fertilidad*, 141-158.
- Salazar, S; LE Sánchez; J Alvarez; A Valverde; P Galindo; JM Igual & I Santa-Regina. 2011. Correlation among soil enzyme activities under different forest system management practices. *Ecological Engineering* 37(8): 1123-1131.
- Song, YN; FS Zhang; P Marschner; FL Fan; HM Gao; XG Bao & L Li. 2007. Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological properties in rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.). *Biology and Fertility of Soils* 43(5): 565-574.
- Tiemann, LK; AS Grandy; EE Atkinson; E Marin-Spiotta & MD McDaniel. 2015. Crop rotational diversity enhances belowground communities and functions in an agroecosystem. *Ecology letters* 18(8): 761-771.
- Truong, C; LA Gabbarini; A Corrales; AB Mujic; JM Escobar; A Moretto & ME Smith. Ectomycorrhizal fungi and soil enzymes exhibit contrasting patterns along elevation gradients in southern Patagonia. *New Phytol.*, 222(4), 1936-1950.
- Wagg, C; SF Bender; F Widmer & MG Van der Heijden. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(14): 5266-5270.
- Wezel, A; M Casagrande; F Celette; JF Vian; A Ferrer & J Peigné. 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development* 34(1): 1-20.





PRODUCTIVIDAD Y MICROBIOTA RIZOSFÉRICA ASOCIADA A UNA PASTURA MIXTA FERTILIZADA CON ESTIÉRCOL SECO

Oyharçabal, E.^{1,2,*}, F. Covacevich^{1,3}, I. Bain², C.S. Acuña², G.D. Berone²⁴

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET);

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA);

³ Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología (INBIOTEC);

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Mar del Plata (FCA-UNMdP);

*25 de Mayo 4870 Trelew (CP 9100), Provincia del Chubut, Patagonia Argentina, oyharçabal.estefania@inta.gov.ar

RESUMEN

Las pasturas mixtas leguminosa-gramínea son un componente importante para lograr productividad y calidad en esquemas agroecológicos. En estas pasturas, la fertilización con nitrógeno (N) sintético aumenta la productividad, reduce la leguminosa y a la nodulación radical, pudiendo afectar a los hongos micorrícicos arbusculares (HMA). Evaluamos en una pastura mixta, el efecto de dos fuentes de N (estiércol y urea), sobre la producción de forraje, la proporción de leguminosa (LEG%), la colonización por HMA (total M% y formación de arbusculos A%) y la cantidad de nódulos de rizobios. En la EEA INTA Chubut (Valle Inferior del Río Chubut, Patagonia Argentina) sobre una pastura mixta *Lotus tenuis* (LEG) *Festuca arundinacea* (GRA), se evaluaron 7 tratamientos (DBCA; n=4) de fertilización: 0N (control), 60U, 120U, 240U, 60B, 120B y 240B; resultantes de dos fuentes (U, urea y B, estiércol bovino seco) y tres dosis de N (60, 120, 240 kg ha⁻¹ año⁻¹). El agregado de N como estiércol (240B) logró similar incremento en producción de forraje que el logrado con urea (120U y 240U). Sin embargo, mientras que el incremento logrado en 120U y 240U se debió a un fuerte aumento del componente GRA en detrimento de LEG, el incremento que generó 240B, también produjo un aumento del componente GRA, pero no afectó la LEG%. La reducción observada en LEG se asoció con una disminución en la cantidad de nódulos, mientras que la colonización de HMA (M% y A%) no se vio modificada por los tratamientos. Estos resultados permiten inferir que el estiércol bovino seco puede ser utilizado como fuente de N para incrementar la productividad forrajera de pasturas mixtas sin afectar negativamente al componente LEG, a la cantidad de nódulos fijadores de N y a la micorrización. Nuestros resultados contribuyen a reducir el uso de urea en estos sistemas agropecuarios.

Palabras clave: leguminosas, colonización micorrícica, nódulos

INTRODUCCIÓN

Las pasturas mixtas leguminosa-gramínea (LEG:GRA) contribuyen a la búsqueda de esquemas agropecuarios sustentables, ya que permiten mantener elevados niveles de productividad, reducir el uso de agroquímicos sintéticos (fertilizantes y plaguicidas), aumentar biodiversidad y el secuestro de carbono en el suelo (Lüscher *et al.*, 2014). La fertilización con nitrógeno (N) en estos sistemas implica el riesgo de reducir la proporción de LEG (Nyfeler *et al.*, 2009). Los estiércoles han sido menos explorados respecto a los fertilizantes sintéticos para incrementar rendimientos en pasturas (Elgersma & Sjøgaard, 2016). Los abonos naturales además de aportar nutrientes en forma directa, mejoran la estructura y porosidad del sistema edáfico con el incremento de la materia orgánica, favoreciendo el almacenaje de agua y la regulación de la temperatura y el pH (Du *et al.*, 2020). Por otra parte, no es frecuente que se considere el efecto de la fertilización sobre microorganismos que cumplen roles en el incremento de la nutrición y productividad de las pasturas, así como en la calidad y la salud del suelo, tal es el caso de los hongos formadores de micorrizas arbusculares, HMA (Mendoza *et al.*,



2016). El objetivo del trabajo fue comparar a campo en una pastura mixta, el empleo de estiércol bovino seco y urea como fuentes contrastantes de N, sobre el rendimiento forrajero, la proporción de LEG, la colonización espontánea por HMA nativos y nódulos fijadores de N.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en la EEA INTA Chubut (Valle Inferior del Río Chubut, Patagonia Argentina), durante dos años (año1: 2018-2019; año2: 2019-2020), sobre una pastura mixta de 10 años de edad, dominada por *Lotus tenuis* (LEG) y *Festuca arundinacea* (GRA), con riego gravitacional (~ 1000 mm año⁻¹). El clima es árido templado-frío (13,4 °C de temperatura media anual y 180 mm de precipitación anual). El suelo es franco arcilloso (3,88 %MO, 0,23 %N total, 1044 mg kg⁻¹ P total, 20,2 mg kg⁻¹ P disponible, 8,45 pH, y 9,76 C:N). En parcelas (4m²; 50% leguminosa) se evaluaron 7 tratamientos (60U, 120U, 240U, 60B, 120B, 240B y 0N) resultantes de 2 fuentes de fertilizante (U, urea y B, estiércol seco) en 3 Dosis (60, 120, 240 kg N ha⁻¹ año⁻¹) más un control (sin fertilización), que fueron dispuestas en un DBCA con cuatro repeticiones. La fertilización se fraccionó 60% primavera y 40% verano. El estiércol bovino seco, de animales que consumían heno de alfalfa (EEA Chubut), presentó valores medios de 1,3 %N total, 0,38% P total y 12 C:N. Previo al experimento, la pastura fue pastoreada con ovinos. Se realizaron cuatro cosechas de biomasa aérea (0,25 m² a 4 cm altura) por año (noviembre a abril), en base a la vida media foliar de festuca. Previo al secado del forraje (60°C, 72 horas) para determinar el rendimiento de materia seca (t MS ha⁻¹), se determinó la proporción de leguminosa (LEG%) por separación manual. Además, se realizaron colectas de raíces en las estaciones de primavera y verano, 20 días después de cada fertilización en ambos años (4 submuestras por parcela 30 cm²; 0 – 20 cm profundidad, que fueron homogeneizadas). Se cuantificó el número total de nódulos (NTN) radicales de bacterias fijadoras de N y se estimó el grado de colonización micorrícica total (M%) y de formación de arbuscúlos (A%) en las raíces de la pastura mixta. La micorrización se determinó por observación y cuantificación microscópica (20X) de diferentes estructuras fúngicas (hifas, arbuscúlos y vesículas), previa tinción con azul de tripán en lactoglicerol de acuerdo al método de Phillips y Hayman (1970) modificado (LAM China, 2001) en el que se omitió el fenol en la solución de tinción.

Los resultados fueron sometidos a análisis de la varianza (ANOVA) para determinar diferencias entre las medias de los tratamientos y para cada estación (primavera y verano) y fechas de muestreo por separado para analizar la evolución temporal. En todos los casos la comparación de medias fue mediante prueba de Tukey ($p=0,05$). Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ninguna de las variables estudiadas se detectó interacción año x estación x tratamiento ($p>0,05$). La mayor producción de materia seca se logró con 240U, 120U y 240B, pero este último no fue diferente ($p>0,05$) a 120B, 60B ni 60U (Fig. 1a). Estos resultados de productividad estuvieron dentro del rango reportado para pasturas mixtas (Nyfeler *et al.*, 2009). El componente GRA se comportó de manera similar a la biomasa total y 240U logró el mayor valor (Fig. 1b). Esta fuerte respuesta de la GRA al agregado de N con dosis altas, fue reportada también en otros trabajos (Nyfeler *et al.*, 2011) y explica los altos rendimientos alcanzados en la pastura mixta, particularmente cuando se aplicó urea. La biomasa del componente LEG se vio reducida ($p<0,05$) con las dosis media y alta de urea (Fig. 1c).



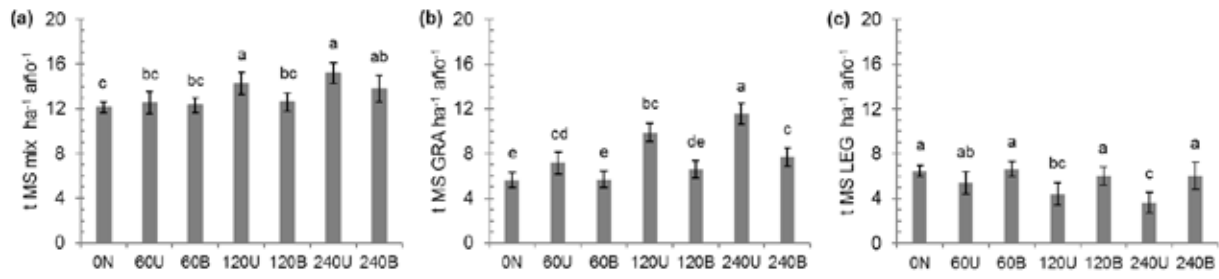


Figura 1. Valores medios de materia seca (MS) acumulada total (a) y de cada componente GRA (b) y LEG (c) de la pastura mixta para los tratamientos de fertilización (0N, 60U, 120U, 240U, 60B, 120B y 240B). Las líneas en las barras indican \pm error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0.05$) entre tratamientos.

La evolución de la proporción de LEG (Fig. 2) muestra que 0N y 60B lograron los mayores valores y permanecieron dentro del rango óptimo (40-60%, Nyfeler *et al.*, 2009). En contraste, las pasturas que recibieron 120U y 240U mostraron los más bajos valores de LEG%, siendo notoria la caída por debajo del valor del 40% a partir de finales del año1 y durante todo el año2 (Fig. 2). Los menores valores de LEG% con 120U y 240U, se asocian al incremento de la GRA que tiene una gran habilidad competitiva tanto en lo que hace a la absorción de agua y nutrientes como de la captura de luz (Mendoza *et al.*, 2016; Aydin & Uzun, 2005).

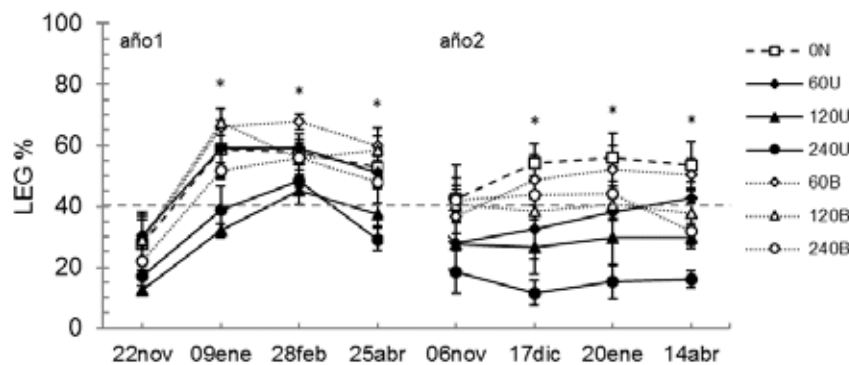


Figura 2. Evolución temporal de los valores medios de la proporción de LEG (%) de la pastura mixta, para cada tratamiento (0N, 60U, 120U, 240U, 60B, 120B y 240B). La línea horizontal discontinua indica LEG a 40%. Las líneas en los puntos indican \pm error estándar. El símbolo * indica las cosechas donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey $p < 0.05$).

La colonización micorrícica en raíces de la pastura mixta, en sus dos parámetros estimados (M% y A%), no presentó efectos significativos ($p > 0.05$) de la fuente y dosis de fertilización. La M% presentó valores alrededor de $\sim 79.2\%$ y A% de $\sim 50\%$ en todos los tratamientos. Cuando se analizaron los resultados por estación de muestreo, la colonización de raíces por HMA en general, no evidenció diferencias ($p > 0.05$) entre los tratamientos (Fig. 3). Solo se detectaron incrementos (14%) significativos ($p < 0.05$) en M% para las dosis 120B y 240B (Fig. 3b) con respecto a las raíces de las plantas que recibieron 240U. Sin embargo, este efecto solo se evidenció en el verano del año1. La A% no evidenció diferencias ($p > 0.05$) para ninguna de las condiciones evaluadas. El escaso a nulo efecto de la fertilización con N sobre la colonización de HMA coincide con reportes previos en macetas, donde emplearon fuentes sintéticas de N y estiércol líquido (Joner, 2000; Mendoza *et al.*, 2016).



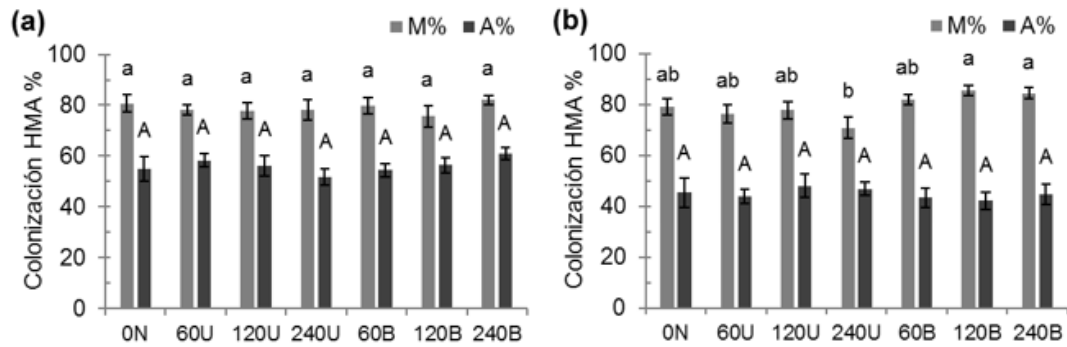


Figura 3. Valores medios de colonización por HMA (%) en raíces de la pastura mixta en función de la fertilización, analizada en primavera (a) y verano (b). Variables de frecuencia de colonización micorrícica total (M%) y frecuencia de arbusculos (A%) para cada tratamiento de fertilización (ON, 60U, 120U, 240U, 60B, 120B y 240B). Líneas sobre las barras indican \pm error estándar de la media de cada tratamiento. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,05$) entre tratamientos para cada variable.

Las relaciones sinérgicas multicomponente entre los grupos microbianos y las plantas hospedantes son frecuentes de encontrar (Mendoza *et al.*, 2016). Cabe mencionar que en este mismo estudio la cuantificación de nódulos radicales de bacterias fijadoras de N en las muestras de raíces (Fig. 4), fue disminuyendo a lo largo del estudio en los tratamientos donde se aplicó urea, en parte como consecuencia a la disminución del componente LEG con quien se asocia (Fig. 2), a profundizar en futuros estudios. En términos de costo-beneficio entre simbiote y planta hospedante (*i.e.* intercambio de carbohidratos por nutrientes), las respuestas estarían mayormente condicionadas por la disponibilidad de los nutrientes y la demanda de las plantas (Corkidi *et al.*, 2002; Mendoza *et al.*, 2016). Es decir que la obtención de nutrientes del suelo para las plantas es menos costosa respecto a la vía en la que intervienen otros organismos (*e.g.* HMA, bacterias), así cuanto mayor es la cantidad de nutriente disponible en el suelo menor es la infección y actividad microbiana (Elgersma *et al.*, 2000; Nyfeler *et al.*, 2009). Corkidi *et al.* (2002) observaron que el agregado de N al mejorar la nutrición nitrogenada de la planta aumenta la absorción de P y favorece la micorrización. No obstante, los resultados del presente trabajo muestran asociación micorrícica con formación de arbusculos (donde ocurre el intercambio entre simbioses) independientemente de la fuente y/o dosis de N aplicada, lo que sugiere que hay otros factores involucrados que no fueron aun considerados en este estudio.

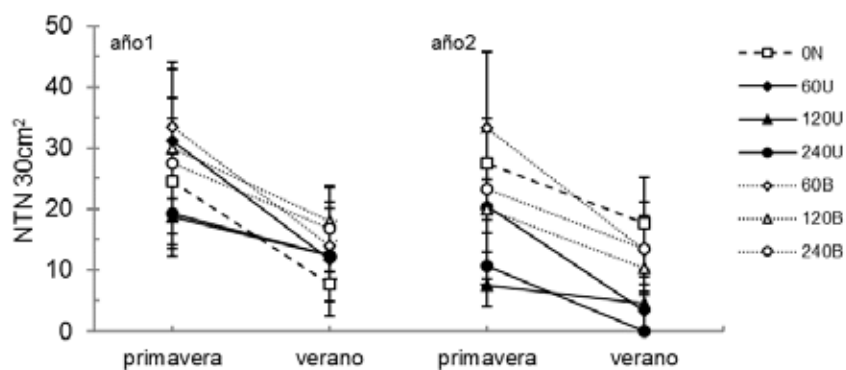


Figura 4. Evolución temporal de los valores medios del número total de nódulos (NTN 30 cm²) encontrados en raíces de la pastura mixta en primavera y verano, para cada tratamiento (ON, 60U, 120U, 240U, 60B, 120B y 240B). Las líneas en los puntos indican \pm error estándar.

En síntesis, este trabajo muestra que agregar N bajo la forma de estiércol (240B) permite incrementar la producción de forraje (Fig. 1) en cantidad similar que aplicando N con la fuente sintética (120U y 240U), a través de vías diferentes. Como se mencionó anteriormente, los incrementos logrados en 120U y 240U se debieron al fuerte incremento de GRA en detrimento del componente LEG (Fig. 2), mientras que el incremento que generó 240B, se asoció a un incremento del componente GRA, pero sin generar reducciones en la propor-



ción del componente LEG (Fig. 2). A su vez, aunque la aplicación de urea deprimió la formación de nódulos de rizobios (Fig. 4), probablemente debido a la reducción del componente LEG (Fig. 2), ninguna de las dos fuentes de N estudiadas, ni sus dosis, afectó negativamente la colonización de los HMA (Fig. 3). Inferimos que, en pasturas mixtas, el agregado de nutrientes bajo la forma de estiércol seco, es una vía que permite sostener niveles de producción, mantener óptimos niveles del componente LEG, reducir el uso de N-sintético y favorecer los procesos naturales con beneficios productivos que se buscan lograr en los sistemas forrajeros altamente productivos; aproximándonos a sistemas agroecológicos.

-La aplicación de estiércol bovino seco en este trabajo mostró resultados promisorios que sugieren la necesidad de profundizar, con experimentos de mayor durabilidad, otros aspectos relacionados a su utilización; tales como el aporte de esporas de HMA y de residuos antibióticos de uso veterinario que podrían contener los estiércoles, ambos posiblemente intervinientes en procesos ecológicos con potencial efecto sobre la salud del suelo y la productividad de las pasturas.

CONCLUSIONES

Se concluye que la fertilización con estiércol bovino seco permite igualar la producción de forraje lograda con urea a similar dosis de N ($240 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) con permanencia del componente LEG; contrariamente la fertilización con N-sintético (urea) reduce la proporción de leguminosas por debajo del rango óptimo (<40%) con la consecuente disminución del número de nódulos de rizobios. A su vez, el alto grado de colonización micorrízica espontánea en raíces de la pastura mixta estudiada en el Valle Inferior del Río Chubut, no fue afectado por los tratamientos analizados. El uso de estiércol seco pareciera ser una opción posible para sostener productividad con permanencia de LEG, sin afectar a la microbiota rizosférica nativa asociada (HMA y nódulos). Nuestros resultados contribuyen a reducir el uso de urea (N-sintético) en la producción forrajera de los sistemas agropecuarios.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible mediante una beca doctoral CONICET - INTA e integra capítulos de tesis del proyecto "Aporte de la fertilización nitrogenada y la microbiota rizosférica nativa a la producción de pasturas mixtas" FCA-UNMdP; con financiación del INTA a través de los proyectos PEI007 Pasturas y Forrajes Conservados, PI037 Biodiversidad Edáfica y de la FCA-UNMdP-AGR603-20. Agradecemos a G. Ramos por el aporte estadístico, a ayudantes de campo de la EEA INTA Chubut y a Tito Defossé.

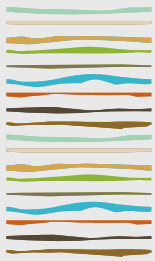
BIBLIOGRAFÍA

- Aydin I & Uzun F. 2005. Nitrogen and phosphorus fertilization of rangelands affects yield, forage quality and the botanical composition. *European Journal of Agronomy* 23:8-14.
- Corkidi L, Rowland D, Johnson N & Allen E. 2002. Nitrogen fertilization alters the functioning of arbuscular mycorrhizas at two semiarid grasslands. *Plant & Soil* 240:299-310.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, & Robledo CW. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, UNC, Argentina.
- Du Y, Cui B, Zhang Q, Wang Z, Sun J, & Niu W. 2020. Effects of manure fertilizer on crop yield and soil properties in China: A meta-analysis. *Catena* 193(4).
- Elgersma A, Schlepers H & Nassiri M. 2000. Interactions between perennial ryegrass (*Lolium perenne* L) and white clover (*Trifolium repens* L) under contrasting nitrogen availability: Productivity, seasonal patterns of species composition, N₂ fixation, N transfer and N recovery. *Plant & Soil* 221(2):281-299.
- Elgersma A & Sørensen K. 2016. Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy* 78:73-83.
- Joner EJ. 2000. The effect of long-term fertilization with organic or inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. *Biology & Fertility of Soils* 32(5):435-440.
- LAM China. 2001. Mycorrhiza Manual. Arbuscular mycorrhizal fungi in plant production systems: detection, taxonomy, conservation and ecophysiology. Retrieved from



- Lüscher A, Mueller-Harvey I, Soussana JF, Rees RM & Peyraud JL. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. *Grass & Forage Science* 69(2):206–228.
- Mendoza R, García I, Deplama D & López CF. 2016. Competition and growth of a grass-legume mixture fertilized with nitrogen and phosphorus: Effect on nutrient acquisition, root morphology and symbiosis with soil microorganisms. *Crop & Pasture Science*, 67(6):629-640.
- Nyfelner D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E, Connolly J & Lüscher A. 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology* 46(3):638–691.
- Nyfelner D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E & Lüscher A. 2011. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 140:155–163.





DEL SUELO A LA ENDORIZOSFERA: MICROBIOTA BACTERIANA ASOCIADA A PLANTAS DE TOMATE

Paolini, M.S.^{1*}, M.C. Gortari¹, M.L. Galar¹, M.F. Luna^{1,2}, S.A. Vio¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales (CINDEFI), UNLP-CONICET La Plata, Calle 50 Nro. 227 La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina, masolp@live.com.

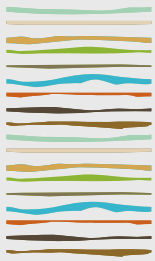
²Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC-PBA)

RESUMEN

De los diferentes microorganismos que habitan el suelo, las bacterias son los más comunes. Tanto el número como el tipo de bacterias que se encuentran en los suelos están influenciados por diversos factores: variables ambientales, características del suelo, así como número y tipo de planta que se encuentre en esos suelos ya que, entre otras cosas, generan una rizósfera particular. Las plantas utilizan los suelos como un proveedor de bacterias endófitas muchas de las cuales cumplen funciones muy importantes en la planta. Esta microbiota bacteriana endófitas se modificará más o menos al cambiar de suelo. No obstante, en general el genotipo/especie vegetal tiene un mayor peso en esta selección. Por otro lado, la microbiota en la endosfera de la raíz comúnmente es menos diversa que la microbiota de la rizósfera y del *bulk* del suelo. En este trabajo se caracterizaron las comunidades bacterianas de *bulk* de suelo, de rizósfera y de rizoendósfera de plantas de tomate híbrido *Elpida* cultivadas bajo cubierta en dos establecimientos del Cinturón Hortícola de La Plata (Argentina): Establecimiento-1, un lote con amplio historial productivo de tomate y Establecimiento-2 con un lote nunca antes cultivado y su primer cultivo de tomate. Se tomaron muestras de suelo, de rizósfera (descalzando raíces y recogiendo el suelo íntimamente adherido a éstas) y de los sistemas radicales por triplicado para ambos establecimientos. Las raíces se sometieron a lavado y desinfección superficial (hipoclorito de sodio al 15% 30 minutos con agitación) para estudiar únicamente las comunidades bacterianas endófitas. Se realizó la extracción de ADN (FastDNA – MP.Biomedicals) y se secuenció (Illumina MySeq) la región v3-v4 del gen 16S rRNA. Se obtuvieron un total de 2949 OTUs (Unidad taxonómica Operativa) con una cobertura del 93-97%. Los índices de alfa diversidad mostraron que en ambos establecimientos las comunidades bacterianas fueron muy diversas, con valores similares entre suelo y rizósfera, pero distintos a los observados en endosfera de la raíz (riqueza de OTUs entre 2200-2400 y Shannon-Wiener ~6,7, y riqueza ~800 y Shannon-Wiener ~4,2, respectivamente). El análisis de beta diversidad (matriz de disimilitud de Bray-Curtis) evidenció las diferencias entre las comunidades de los distintos microhábitats: las comunidades bacterianas de suelo y rizósfera resultaron más cercanas entre sí –compartiendo gran parte de los OTUs y coincidiendo en los taxones más abundantes (phylum *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* y *Actinobacteria*; y géneros *Bacillus*, *Sphingomonas*, *Rhizobium* y *Pseudomonas*), con claras diferencias entre los establecimientos. Se diferenciaron de las de rizoendosfera (mayor abundancia del phylum *Proteobacteria*, seguido por *Bacteroidetes*, *Firmicutes* y *Actinobacteria*; y géneros *Acinetobacter*, *Sphingobium*, *Pseudomonas* y *Shinella*), donde el efecto del establecimiento resultó menos evidente. A pesar de encontrar diferencias en las comunidades bacterianas respecto a la abundancia relativa de los taxones debido a los rasgos característicos del suelo de cada establecimiento, los resultados evidencian la impronta del genotipo vegetal en la regulación de sus comunidades endófitas.

Palabras clave: microbiota, endorizosfera, tomate.





CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE BACTERIAS CON CARACTERÍSTICAS PGPB, EN PLANTINES DE TOMATE Y CEBOLLA

Paroldi, H.E.^{1,*}, J.G. Bueno¹, M.D. Navas¹, E.M. Medina¹, L. Rodríguez¹, F. Vazquez¹

¹ Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Ingeniería; Instituto de Biotecnología;

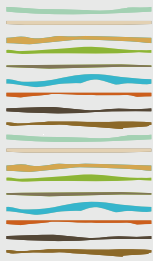
* Av. Libertador Gral. San Martín oeste 1107 (5400). Prov. de San Juan, emilioprld@gmail.com

RESUMEN

El uso excesivo de fertilizantes químicos que propone el modelo agrícola convencional, presenta numerosas consecuencias ambientales y a los seres vivos. En este escenario nos planteamos el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) como una alternativa ecológica. Este trabajo tiene como objetivo: evaluar propiedades relacionadas con la promoción del crecimiento vegetal promovido por cepas bacterianas nativas PGPB. Los parámetros estudiados se evaluaron en dos cultivos de gran importancia económica en la provincia, el tomate y la cebolla. Se emplearon los aislamientos bacterianos (ABO) identificados como ABO50, ABO67 y ABO89 con características PGPB in-vitro pertenecientes al cepario del Instituto de Biotecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Se realizó un ensayo in-vitro de toxicidad con semillas sensibles de rabanito (*Raphanus sativus*), para determinar la fitopatogenicidad de los ABO. Se realizaron ensayos a campo en tomate (*Solanum lycopersicum*) en plantín y cebolla (*Allium cepa*) en semilla. Se llevaron a cabo cuatro tratamientos y un control. Los tratamientos fueron denominados: Tratamiento 50 (T50), 67 (T67), 89 (T89), inoculados con los aislamientos ABO50, ABO67 y ABO89, respectivamente y por último el MIX (TMIX) inoculado con el consorcio bacteriano, integrado por los tres aislamientos. Los ensayos fueron irrigados de manera artificial con protección de malla sombra. En cebolla se evaluó el establecimiento de las plántulas, el peso seco y altura. En tomate las variables fueron evaluadas en función de tiempo: a los 10 (Momento 1), 20 (Momento 2), 35 (Momento 3) y 50 (Momento 4) días desde la inoculación de los plantines tomando 10 unidades por testigo y por tratamiento. Se estudiaron las variables peso húmedo y seco de raíz, vástago y la longitud del vástago, longitud del vástago, área foliar, diámetro de tallo y número de flores y frutos. Como resultado, en el ensayo previo de rabanito no se registraron valores significativos de fitotoxicidad. El MIX bacteriano fue el que presentó mayor asociación, lo cual fue evidenciado en muchas de las variables estudiadas. En cebolla el ABO89 logró los mejores resultados en establecimiento y el ABO50 en el crecimiento de la plántula. El uso de aislamientos nativos con características PGPB, utilizados como inoculantes de diferentes cultivos, generan beneficios variables. Estas características se condicionan en función del tipo de microorganismos utilizado y el desarrollo de la planta. Por lo que el uso de consorcio bacterianos, correctamente seleccionados, es una buena alternativa de fertilización biológica para cultivos de *S. lycopersicum* y *A. cepa*.

Palabras clave: Bacterias, PGPB, Fertilización Biológica





INFLUENCE OF FIRE UNDER THE POPULATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN CERRADO CAMPO LIMPO

Patrício, J.A.^{1*}, Souza, R.F.², Lucas, L.S.¹

¹Faculdade Evangélica de Goianésia;

²Faculdade Evangélica de Goianésia;

¹Faculdade Evangélica de Goianésia;

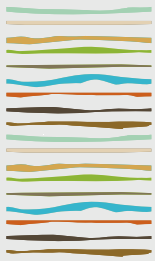
*Rua 19, n° 250 Carrilho, joeneaparecida@outlook.com

ABSTRACT

The National Park of Chapada dos Veadeiros suffered in October 2017 the largest fire in its history, which consumed 66 hectares of its area. The Cerrado is an important biome and has a high resilience to fire, as long as it has natural causes. Characterized by different phytophysognomies, the Cerrado is known for its high biodiversity. The Clean Field is a type of Cerrado that is often confused with degraded pastures. Clean field is a type of Cerrado and consists of a grassy undergrowth of grasses and grasses, without trees or shrubs that stand out. Mycorrhizal fungi are soil organisms that are extremely sensitive to environmental changes and can be used as indicators of quality and recovery. The objective of this work was to evaluate the influence of the fire in the national park of Chapada dos Veadeiros on the spore density, mycorrhizal colonization rate and on the genera of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) found in Cerrado soil under Campo Limpo vegetation. The experimental design was completely randomized with two treatments, with and without burning, and six replications. Samples of rhizospheric soil were collected from Cerrado areas, affected and not reached by fire, 15 days after the fire was restrained, in November 2017. The spores of arbuscular mycorrhizal fungi were extracted from 500 cm³ soil by the wet sieving technique. In order to determine the percentage of colonization, the roots will be clarified and stained with 0.05% Trypan Blue in lactoglycerol and verified using the intersection technique of the quadrants. The identification of the genera of FMAs was performed from the morphological characteristics compared to the International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. There was a statistical difference in the values of spore density and mycorrhizal colonization rate. The areas that did not suffer from fire had lower spore density values (74 spores / 500cm³ soil) than those affected by the fire (99 spores / 500cm³ soil). However, the areas not affected by fire had higher rates of mycorrhizal colonization (59.12%) than affected areas (19.92%). The genera Claroideglossum, Diversispora, Glomus, Funneliformis and Gigaspora were found in both areas, since Acaulospora was identified only in areas that were affected by the fire. With this, it is concluded that the fire interferes directly on the dynamics of mycorrhizal fungi in cerrado soils.

Keywords: mycorrhizal fungi arbuscular, Cerrado





UTILIZACIÓN DE BIOINSUMOS EN EL CULTIVO DE ALGODÓN EN LA PROVINCIA DEL CHACO

Pérez, G. L.¹, J. D. Galloso¹, C. E. Sotelo¹, C. N. Balbi², D. Kreis³, N. P. Mansilla³

¹Instituto Agrotécnico - FCA - UNNE; Av Las Heras 727, Resistencia, Chaco-

²Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE

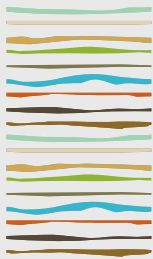
³Dirección de Suelos y Agua Rural - Ministerio de Producción Empleo e Industria -
institutoagrotecnicounne@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en la Provincia del Chaco representa en los últimos años alrededor del 40% de la superficie total sembrada del país (datos MAGyP), siendo uno de los principales cultivos de la provincia. Constantemente se buscan mejoras en distintos aspectos que atañen a su producción. Ante esto, la propuesta se orientó hacia la agricultura sostenible, es decir, a una producción económica y socialmente aceptable y en armonía con el medio ambiente. Una alternativa para el manejo tradicional de los cultivos es el uso de bioinsumos. Según el ministerio de agricultura los bioinsumos son todos los productos biológicos que consista o haya sido producido por microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos y que estén destinados a ser aplicados como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética e incluso en el saneamiento ambiental agropecuario. En este trabajo se abordó el aspecto principalmente nutricional del cultivo, teniendo como objetivo evaluar el efecto de distintos bioinsumos en el desarrollo y producción de la fibra. Los ensayos se realizaron en lotes semilleros de algodón, incluidos en el Programa provincial de semilleros, coordinados por la Subsecretaría de Agricultura de la Provincia; ubicados en el Paraje Buena Vista, de Gral. San Martín (GSM) y en la localidad de General Pinedo (GP) Provincia del Chaco ubicadas al Noreste y Suroeste respectivamente. Las inoculaciones se realizaron al momento de la siembra, en franjas de 12 líneas. Los tratamientos fueron para GSM: testigo, *Trichoderma*, sol. madre, bioestimulante, polifenoles y silo de microorganismos. En GP se inoculó con: testigo, *Trichoderma*, bioestimulante, polifenoles y *Bacillus*. El lote GSM, contó con un total de 12 ha inoculadas, sobre dos tipos de suelos: Durustol y Usdifluent típico. En el lote GP, se inocularon 0,5 ha sobre suelos Natrustol típico y Argiustol údico. En el estado vegetativo se muestrearon 10 plantas por tratamientos y se registró altura de las mismas. Al finalizar el ciclo del cultivo se determinó rendimiento estimativo (peso de semilla y fibra). En GSM la altura de plantas, arrojó los mayores valores para el tratamiento con bioestimulante seguido de polifenoles; obteniendo los menores valores para el testigo. Los resultados referidos a peso seco de semilla + fibra, arrojaron el mayor valor para el tratamiento de solución madre, siendo esta estadísticamente significativa respecto al resto. El peso de fibra también fue mayor para sol. madre diferenciándose del testigo, polifenol y *Trichoderma*. En GP, los valores de altura de plantas fueron mayores para *Trichoderma*, seguido de *Bacillus*. Los datos de rendimiento estimativo fueron mayores en el tratamiento con bioestimulante. Como conclusión se puede observar que las variables biométricas se vieron afectadas positivamente con la aplicación de los bioinsumos, dependiendo su respuesta al tipo de suelo y las condiciones ambientales.

Palabras clave: PGPR, bioestimulantes, polifenoles





PROTOCOLO PARA PRODUCCIÓN ORGANICA DE HORTALIZAS CON ENFASIS EN BIOLOGIA DE SUELOS Y OTRAS PRÁCTICAS

Quinteros, M.A.^{1*}, H.A. Sanchez¹, M. Teran², C. Paz³

¹ Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria;

² Agro Bio;

³ Facultad de Bioquímica Química y Farmacia carrera de Biotecnología.

*quinteros.maria@inta.gob.ar

RESUMEN

El área hortícola en los alrededores de Tapia (Tucumán), esta principalmente desarrollada por productores de origen de Bolivia, en carácter de arrendatarios, en predios que no superan las 2-3 ha, con escaso poder de acumulación de capital y con elevada concentración en las tareas agrícolas de la mano de obra familiar. El sistema productivo se caracteriza por un uso intensivo del suelo, ineficiencias en el manejo del riego, altamente dependiente del uso de agroquímicos, escasa o nula rotación de cultivos. Los suelos que predominan son Entisoles y Aridisoles, de textura franco a franco arenoso fino, pobremente estructurado y con escaso contenido de C orgánico. En esta propuesta de trabajo se plantean y validan estrategias de manejo tendientes a la conservación del recurso suelo, disminuir el uso de agroquímicos a través de prácticas agroecológicas/ orgánicas. Se validaron estrategias de manejo de rotaciones de cultivos, uso de cultivos de servicios (biofumigación), uso de microorganismos (PGPR). El uso de estas prácticas generó un aumento en el rendimiento de los cultivos, mejor calidad en las cosechas e iguales o menores costos de producción, aumento de materia orgánica logrando sostenibilidad del suelo. Esta propuesta pretende fomentar la reconversión agroecológica como estrategia de sustentabilidad en las producciones hortícola.

Palabras clave: agroecología, suelo, sustentabilidad

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en localidad de Tapia, departamento Trancas, provincia de Tucumán; es realizada por pequeños productores, en el marco de una agricultura familiar; donde, de acuerdo al manejo realizado, había un alto uso de pesticidas y otros agroquímicos. Desde el año 2012, el INTA comenzó su intervención in situ a través de diferentes proyectos de investigación, con el propósito de que, a medida que disminuya el consumo de agrotóxicos se vaya desarrollando una agricultura de base agroecológica tendiente a eliminar y/o reducir su uso. A través de esta propuesta se logró concientizar a un elevado número de productores, quienes a través de este manejo lograron aumentar los rendimientos, mejorar la calidad del producto, bajando costo y aportando a la sostenibilidad del recurso suelo.

Breve descripción agroecológica de localidad de Tapia: el área de estudio se localiza en los alrededores de la localidad de Tapia, Tucuman; tiene una altitud promedio de 700 a 800 m.s.n.m., meso clima semiárido cálido, precipitación media anual de 400 a 500mm, con un régimen de precipitaciones estivales e inviernos secos; evapotranspiración 900 mm, temperatura media anual de 19° C, con heladas desde junio a agosto. Los suelos, se clasifican principalmente como Entisoles y Aridisoles; de textura franca, franco arenosos a limosos finos, con bajo en contenido de materia orgánica, baja estabilidad estructural, con grado de erosión entre baja y moderada; muy susceptibles a planchado si no están protegidos. La producción hortícola de la zona se desarrolló en sectores cercanos a los cursos de agua, lo que asegura el suministro de agua para riego; los



lotes de cultivos en su mayoría están rodeados de isletas de vegetación natural (monte), no incorporadas a la actividad agrícola por limitaciones de uso (fuertes pendientes, afloramientos rocosos, imposibilidad de riego por gravedad, etc.); estas islas de monte le dan a la zona una especial particularidad para la conservación de la flora y fauna natural.

La presente propuesta de manejo pretende, mediante el manejo racional de los recursos naturales, la producción de productos sanos, disminuyendo/evitando el uso de los productos de síntesis química y otros de efecto tóxico real o potencial para la salud humana, manteniendo o incrementando la fertilidad de los suelos y la diversidad biológica, intensificando los ciclos biológicos del suelo, conservando los recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La propuesta se basa en Incorporar al sistema de producción hortícola los resultados evaluados a lo largo de 12 años de actividades de investigación/validación de técnicas de manejo sustentables.

La metodología de trabajo se basa en validar prácticas culturales agroecológicas/orgánicas conocidas, y transferir los resultados de la investigación a los productores; tratando de generar un sistema de producción basado en la utilización óptima de los recursos naturales; esto se realiza generando unidades piloto de manejo, lotes de cultivos donde se evalúan diferentes técnicas de manejo (rotaciones de cultivos, biofumigación, cultivos de servicio, etc.), seminarios de transferencia de conocimientos para productores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En diferentes estudios se evaluaron prácticas que contribuyen a la sostenibilidad de suelos bajo producción hortícola.

En primera etapa se evaluó estado de la biota del suelo en diferentes situaciones y se valoró la importancia de las isletas de monte que rodean los lotes productivos. (Quinteros, 2015).

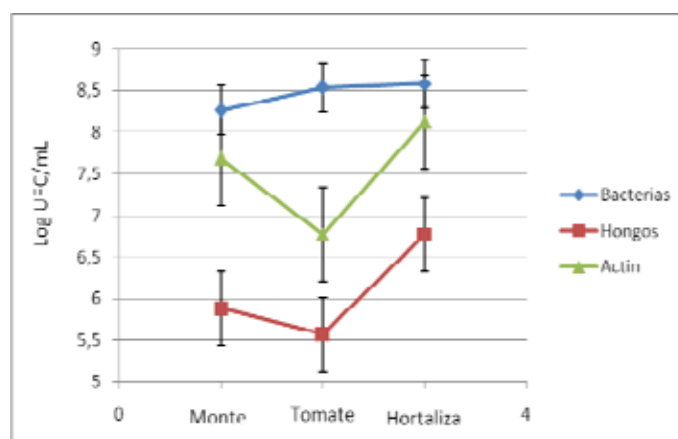


Figura 1. Variación de la biota en suelo de 30 años de cultivo de hortalizas, desmonte de 1 año con cultivo de tomate y en condiciones de vegetación natural (monte)

La cuantificación de la biota en diferentes situaciones (años de agricultura vs. situación prístina) ayudó a definir normas de manejo de suelos destinadas a manejar/disminuir las poblaciones de patógenos edáficos a través de técnicas de biofumigación, sin el uso de agrotóxicos que tienen fuerte impacto sobre la vida en el suelo y, que por otra parte son de costo muy oneroso y de baja a media efectividad de control.

Por otro lado, los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abiótico (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública; factores como sus propiedades físicas y químicas, el clima, las condiciones geomorfológicas de los suelos y las condiciones hidrogeológicas y meteorológicas de las zonas, definen la ruta que siguen los mismos en el ambiente. En la actualidad se afirma la tendencia de volver a las fórmulas que la naturaleza brinda, es decir, el retorno a las fórmulas orgánicas y naturales, y



conseguir a partir de extractos vegetales insecticidas ecológicos con fórmulas que controlen y eliminen de manera eficaz determinadas plagas (Rodríguez et al. 2014); estudios de casos sobre los obstáculos técnicos al comercio así como los rechazos de las mercancías por exceso de residuos de agrotoxicos han catalizado la reforma de las políticas y técnicas de manejo de las cadenas productivas (López Carrillo, 1993).

Uso de Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (PGPR): Como parte de las estrategias de una agricultura sostenible, se hace necesario disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis, mediante la utilización de los biofertilizantes. La inoculación de microorganismos benéficos resulta una alternativa promisoría para la nutrición de los cultivos, lo que está relacionado con el efecto que provocan en las plantas a partir de una mayor absorción de los nutrientes presentes en el suelo (Bashan, 2000), encontrándose dentro de este grupo las Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). En particular, el género *Azospirillum* es utilizado como agente promotor de crecimiento vegetal debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y producir hormonas de tipo indólico y otras.

En ensayos realizados en lotes de productores se evaluó el comportamiento y rendimiento del cultivo de tomate, cuyas semillas fueron inoculadas con *Azospirillum spp.*, vs. Semillas no inoculadas. (Paz, C.2019). Las semillas inoculadas reflejaron un mayor porcentaje de germinación, así como incrementaron la productividad del cultivo (Fig. 3), además de incrementar su resistencia al estrés. Adriano et al. (2011) señalan que cuando se aplican biofertilizantes a las semillas, a las superficies de las plantas o a los suelos, éstos colonizan la rizósfera o el interior de las plantas y favorecen su crecimiento, también promueven el desarrollo de mecanismos de defensa de las plantas y generan ambientes adversos contra organismos patógenos. En el caso de la experiencia de Tapia, en plantas de tomates inoculadas no se observó daños en raíces por nematodos fitófagos.

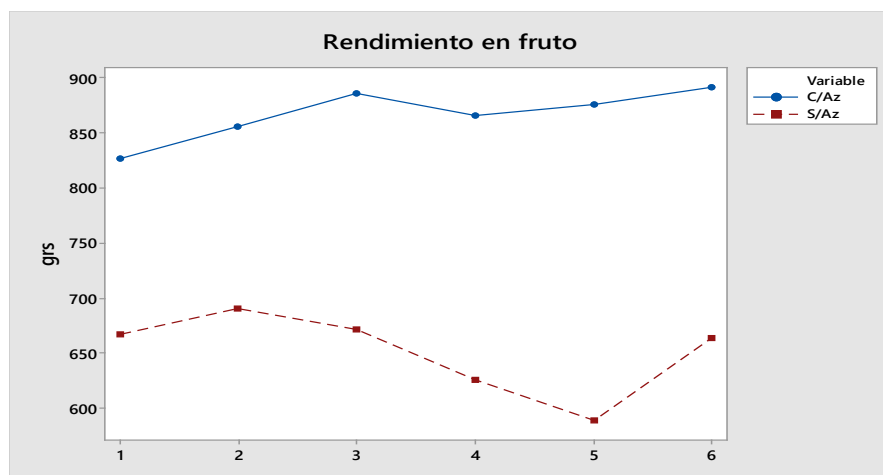


Figura 2. Aumento de rendimientos en plantas inoculadas con *Azospirillum spp*

Control de *Meloidogyne spp* en suelos: Los sistemas de monocultivos provocan, a lo largo del tiempo, un aumento de plagas y enfermedades específicas del cultivo y una disminución en la fertilidad del suelo. Esto conlleva un incremento en la utilización de productos fitosanitarios y fertilizantes que elevan los costes de cultivo y que pueden poner en riesgo la salud del agricultor y del consumidor, así como perjudicar al medio ambiente. Existen técnicas respetuosas con el medio ambiente que pueden contribuir a disminuir los efectos de los sistemas de monocultivos, entre las que se encuentra la biofumigación.

El control de los nematodos fitoparásitos y polífagos como *Meloidogyne spp.*, constituye un verdadero desafío en esta área productiva. Actualmente, el uso de productos químicos es una de las herramientas más utilizadas para el control de nematodos; esto conlleva un alto costo económico y ambiental, por lo que es conveniente buscar alternativas para la defensa de los cultivos que se adapten a las nuevas demandas del mercado, en un sistema sostenible técnico-económico-ambiental. Una vez que estos nematodos están presentes en el suelo es muy difícil erradicarlos definitivamente, debido a que cuentan con formas de resistencia



(larvas infectantes y masas de huevos) que les permiten perdurar en bajas densidades de poblacionales. De allí que el concepto de "control" deba ser reemplazado por el de "manejo". Se pretende convivir con el patógeno manteniendo sus densidades poblacionales en un valor que no ponga en riesgo la rentabilidad de la producción (Comezaña et al., 2021).

La biofumigación, usando mostaza, permite realizar un tratamiento efectivo, que consiste en utilizar la acción biosida de los gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica, lográndose buenos resultados, actuando con la misma eficacia que el mejor fumigante convencional (Bello 1998). La mostaza al tener compuestos activos conocidos como Glucosinatos que cuando se hidrolizan por la acción de la enzima mirosinasa dan lugar a Isotiocianatos que son capaces de controlar efectivamente la cantidad de nematodos presentes en el suelo, debido a que tienen compuestos tóxicos como el ácido erúrico.

En ensayos realizados en lotes de productores se evaluó el comportamiento del cultivo de mostaza como biorreguador de la población de *Meloidogyne spp* en lotes de cultivos. En estos lotes se realizó análisis físico químico y biológico de suelos

La población de nematodos tuvo una disminución significativa, cuando comparada con lotes testigo; por otro lado, hubo una variación positiva de la biota del suelo con el uso del cultivo de servicio (Figs. 4, 5 y 6) (Quinteros, 2018)

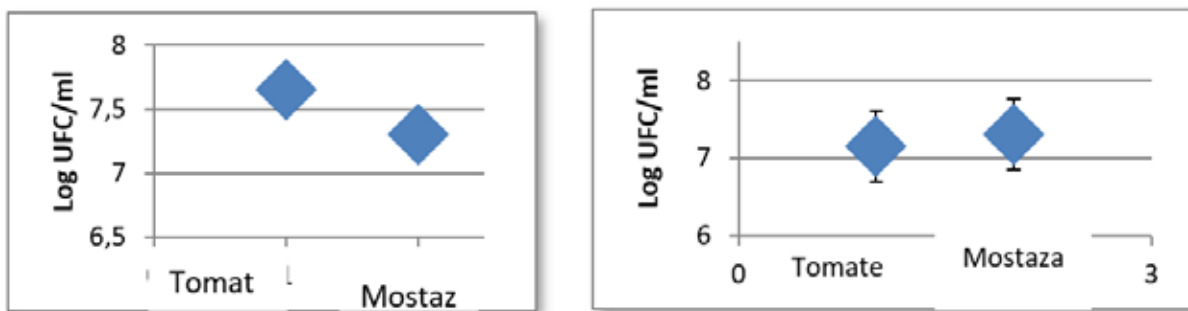


Figura 3. Recuento de Actinomycetes - Figura 4. Recuento de bacterias

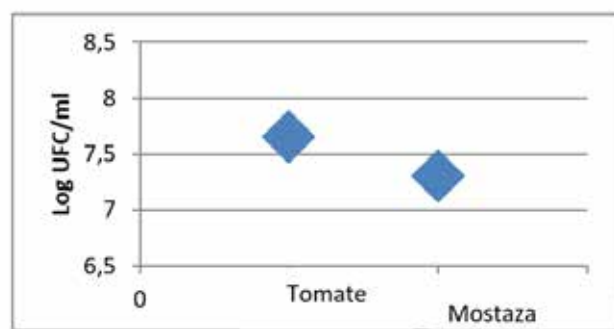


Fig. 6. Recuento de hongos

Se observa que baja la población de hongos; no se manifestaron enfermedades fúngicas en cultivo.

El cultivo de mostaza mostró muy buenas características de adaptación para ser incorporado como cultivo de servicio en la zona: facilidad de germinación, emergencia e implantación de la cubierta, plasticidad del cultivo a condiciones edafoclimáticas, amplitud de fecha de siembra, volumen de biomasa producido, facilidad de siembra, bajo costo de semilla.



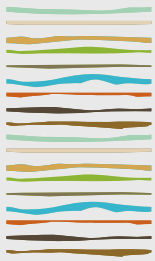
CONCLUSIONES

El deterioro ecológico causado por la agricultura tiene diversas causas, dentro de las cuales están: el manejo inadecuado de los recursos naturales, intenso uso de agroquímicos, prácticas agrícolas mal empleadas y fuerte dependencia de insumos externos. Esto hace necesario implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible. Los productos y sistemas naturales, utilizados antes de la llegada de los productos químicos, vuelven a ser demandados por la agroecología y/o agricultura ecológica; esta propuesta pretende fomentar la reconversión agroecológica como estrategia de sustentabilidad en las producciones hortícolas y la generación de circuitos cortos de comercialización, posibilitando a la sociedad acceder a alimentos saludables, libres de contaminantes físicos y químicos, producidos por pequeños/as y medianos/as agricultores del ámbito local.

BIBLIOGRAFÍA

- Adriano, A. M.; Jarquín, G. R.; Hernández, R. C.; Salvador, F. M. y Monreal, V. C. T. 2011. Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas. México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2(3), 417-431.
- Astorga, E.M., Ornaghi, J.A., March, G.J., Beviacqua, J.E. y Marcellino, J. 1984. Estudios de difusión e incidencia de "nematodos" causantes de agalla, *Meloidogyne* spp. en cultivos de soja. Oleico 25, 45.
- Bashan, Y. 2000. Interactions of *Azospirillum* spp in soils: a review. Biol. Fertil. Soils, 2000, vol. 29, p. 246-258
- Bello, A. 1998. Biofumigation and integrated crop management. In: A. Bello, J. A. González, M. Arias, R. Rodríguez-Kábana (Eds.). Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. Phytoma-España, GD XI EU, CSIC, Valencia, España: 99-126
- Comenzaña, M. M.1-2* ; Rodríguez, R. A.1 ; Ayastuy, M. E. 1 ; Muscolino, C. 1 ; Rosetti, F. 1 y -Belladonna, D. P. 2021. Intercultivo de tomate con plantas antagónicas en el tratamiento del suelo infestado con *Meloidogyne* spp., en invernadero. Horticultura Argentina 40 (101): Ene. - Abr. 2021. ISSN de la edición on line 1851-9342
- Doucet, M. E. y P. Lax. 2005. El género *Meloidogyne* y su situación con respecto a la agricultura en la Argentina. Laboratorio de Nematología, Centro de Zoología Aplicada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27740/Documento_completo.pdf?sequence=1
- López Carrillo L. 1993. Exposición a plaguicidas órganos fosforados. vol.18. Perspectivas en Salud Pública. México: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Quinteros, M. 2015, Identificación de la Biota del Suelo de Cultivo Hortícola a Campo Localidad de Tapia (Dto. Trancas), CONEBIOS 2015.
- Quinteros, M. 2018. Variation of nematode population of soil in tomato crop with introduction of service crop (*Sinapsis alba* l.). Congreso internacional de suelo Brasil, Rio de Janeiro
- Quinteros, M. 2018. Mostaza para control de nematodos fitófagos y su efecto en la biota del suelo. Congreso nacional de la Ciencias del Suelo Tucumán
- Quinteros, M. 2019. Variación de nematodos, hongos, bacterias y actinomicetes en cultivo de tomate con mostaza como cultivo de servicio. REBIOS
- Paz, C. 2019 Efecto producido en Tomate primicia inoculado con cepas bacteriana promotoras del crecimiento (REBIOS 2019).
- RAPAL. 2007. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas en América latina. Cuba reduce el uso de plaguicidas químicos en 50 % [Internet]. Santiago de Chile. [actualizado 30 mayo 2007]. Disponible en: http://www.rap-al.org/index.php?seccion=8&f=news_view.php&id=207
- Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S.; Palacio Estrada, D.E. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 52 (3):372-387.





UTILIZACIÓN DE COMPOST DOMICILIARIO COMO SUSTRATO EN LECHUGA (*LACTUCA SATIVA L.*)

Ringuelet, A.^{1*}, J. Koristchoner¹

¹Depto. Recursos Naturales, FCA-UNC.

Av. Valparaíso y calle Ing Agr. Félix Aldo Marrone, Ciudad Universitaria, (5000) Ciudad de Córdoba. aringuel@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

En la producción de plantines hortícolas es habitual utilizar sustratos poco renovables como la turba y la “tierra negra”. Para evaluar su posible reemplazo con otro más sustentable, se analizó la calidad de un compost domiciliario, utilizando fracción orgánica de residuos orgánicos (FORSU) y residuos vegetales de una finca periurbana, y su posterior utilización en lechuga (*Lactuca sativa L.*), con un diseño completamente aleatorizado, en dos etapas y con 4 sustratos de composiciones diferentes: 100 % suelo (S), 50 % compost + 50 % suelo v v⁻¹ (CS), 100 % de compost (C) y 70 % turba *Sphagnum* + 30 % perlita v v⁻¹ (TP). En la primera etapa se sembró lechuga en bandejas de 30 cm³ por celda. A los 25 días se midió altura de parte aérea (APA) y número de hojas (NHP) y se trasplantó a contenedores con suelo para la segunda etapa. A los 20 días del trasplante, fueron evaluados APA, NHP, masa fresca de la parte aérea (MFPA), masa seca de la parte aérea (MSPA). El compost analizado cumple las condiciones de calidad y es apto para utilizarlo como sustrato. En la primera etapa, los parámetros de crecimiento tuvieron diferencias significativas a favor del tratamiento C respecto a S y CS, y similares respecto a TP. En la segunda etapa, las variables medidas también fueron significativamente mayores en C respecto a S y CS. Es posible utilizar compost puro domiciliario como el evaluado en almácigos de lechuga, ya que no presentó efectos inhibitorios y favoreció el crecimiento inicial. Su utilización podría generar beneficios ambientales, económicos y productivos.

Palabras clave: Compostaje, almácigos, FORSU

INTRODUCCIÓN

El compostaje permite reducir costos económicos y ambientales y generar productos de valor. Se debe analizar su calidad, estabilidad y madurez, inocuidad sanitaria y ambiental (SCyMA & SENASA, 2019). Aproximadamente la mitad de los residuos generados en viviendas son orgánicos. Se está promoviendo el compostaje domiciliario debido a los inconvenientes que tiene el procesamiento del FORSU recolectado (Tognetti *et al.*, 2007). En almácigos de lechuga, un adecuado volumen de celdas puede ser determinante para su buen desarrollo, especialmente cuándo el sustrato participa en la nutrición (Salusso *et al.* 2015). La mayoría de los sustratos utilizados en lechuga suelen tener mezclas de suelo y turba, con o sin perlita en diferentes proporciones (Pinter, 2019), Estas mezclas tienen buena calidad física, pero aportan pocos nutrientes, Los compost como enmienda postrasplante tiene efecto positivo en lechuga (Gaona *et al.*, 2020; Chávez *et al.*, 2017), pero también están siendo utilizados como componentes de sustratos (Barret *et al.*, 2016), para lo cual es fundamental conocer sus propiedades, y realizar ensayos. Es el sustrato ambientalmente más sustentable (Moreno *et al.*, 2016), porque se procesan residuos potencialmente contaminantes y porque puede reemplazar a otros materiales con alto costo ambiental, de muy baja tasa de formación, como las turbas, la “tierra negra” (horizontes “A”) y los mantillos de bosque. Resultados de diferentes ensayos con especies herbáceas, incluida la lechuga, suelen aconsejar no utilizar más de 20-60 % de compost en las mezclas para la multiplicación de vegetales en vivero, por limitaciones de aireación, exceso de salinidad, valores de pH inconvenientes y/o al desbalance de nutrientes (Bianco *et al.*, 2019, Gutierrez *et al.* 2022). Sin embargo, se han obtenido buenos



resultados utilizando compost puro en especies arbóreas (Salleses *et al.*, 2015) y en lechuga con sustratos a base de compost de orujo de uva (Pinter *et al.*, 2019). Los objetivos fueron evaluar las características químicas, físicas y biológicas de un compost proveniente de residuos orgánicos domiciliarios + residuos vegetales (hojas y ramitas) y su desempeño como sustrato puro, en almácigo de lechuga y en postrasplante, a los 20 días de su traslado a tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una finca periurbana del Depto. de Cruz del Eje, Pcia. de Córdoba, con clima semiárido. El compost domiciliario se produjo en un sistema de doble compostera de deposición continua, diseñada para reciclar alimentos y residuos verdes, en pozos amplios, para mantener equilibrio humedad-aire, de 1,20 m x 1,20 m x 1,00 m de profundidad, de manera de alternar el llenado de una con la maduración de la otra. Se tomó una muestra compuesta de la compostera "cerrada" un año antes. Las diferentes variables se analizaron en muestras tamizadas y secas a 40 ° C. Indicadores de calidad agronómica químicos: C, NT, pH, CE, P soluble. Indicadores de calidad físicos: porosidad, capacidad de aire, capacidad de agua, densidad de sustrato y granulometría. Indicadores de madurez y de estabilidad: I.G., C soluble en agua (CSA), amonio, relación CSA/NT, relación C/N. Indicadores de calidad sanitaria: análisis de patógenos. Los análisis químicos se realizaron según metodologías descriptas en Leconte *et al.* (2009). Se analizó presencia de patógenos de acuerdo a la normativa vigente (SCyMA & SENASA, 2019). El suelo utilizado pertenece a un horizonte "A" de un Haplustol torriorthéntico (tabla 1). El ensayo se emplazó en dos etapas siguiendo un

Tabla 1 Datos analíticos del suelo utilizado. Horizonte A de un Haplustol torriorthéntico

C.O. (%)	1,2
M.O. (%)	2,06
N.T (%)	0,11
C/N	10,9
P Olsen (mg kg ⁻¹)	21
N-NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	15
pH	7,6
C.E. (dS m ⁻¹)	0,09
C.I.C. (meq 100g ⁻¹)	19,2
Ca ⁺⁺	15,1
Mg ⁺⁺	1,6
K ⁺	1,9
Na ⁺	0.4
Clase textural	Franca

diseño completamente aleatorizado con 4 niveles de sustratos (tratamientos) y 3 repeticiones: 100 % suelo (S), 50 % compost + 50 % suelo v v⁻¹ (CS), 100 % de compost (C) y mezcla 70% turba *Sphagnum* + 30% perlita v v⁻¹ (TP). La primera etapa del ensayo consistió en la siembra de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Grand Rapids, el 15/09/21, en bandejas de germinación de plástico negro, con celdas grandes (30 cm³ cada una), a los fines de que se pueda expresar mejor las diferencias entre tratamientos (Salusso *et al.*, 2015). Se realizó en un macrotúnel a los fines de evitar incidencia directa y aleatoria de las precipitaciones, insolación, cambios bruscos de temperatura y heladas. A los 25 días de la siembra se trasplantó a contenedores para la segunda etapa. Previamente se midió largo de hojas (altura) y número de hojas. La segunda etapa se realizó a campo con sombra de 60 %. Consistió en el trasplante de los plantines a contenedores número 12 (un litro) con un kg de suelo cada una, el mismo utilizado en las mezclas. Se extrajo cada plantín de la bandeja, con el pan de sustrato completo y se colocó en un hoyo de similar volumen, practicado previamente en cada envase. No fue posible realizar esta etapa del ensayo con el tratamiento TP, y se hizo con los tratamientos S, CS y C. A los 20 días del trasplante, fueron evaluados parámetros de crecimiento. Estos fueron: número de hojas por



planta (NHP), altura de la parte aérea (APA), masa fresca de la parte aérea (MFPA), masa seca de la parte aérea (MSPA). Las diferencias de medias de los datos entre tratamientos se evaluaron mediante test de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El compost cumple con las condiciones de calidad requeridas por la normativa vigente (SCyMA & SENASA, 2019): posee buena calidad agronómica, adecuada estabilidad y madurez (tabla 2), e inocuidad sanitaria (tabla 3). Las características químicas son las

Tabla 2 Datos analíticos de los sustratos utilizados: compost y turba + perlita

		Compost	Turba + Perlita (70/30 v v ⁻¹)	
Características químicas	Materia Orgánica (%) Calcinación	20,9	60	
	Carbono Orgánico (%) (M.O./1,8)	11,6	33,3	
	Nitrógeno total (%)	0,68	1,02	
	C/N	17,0	34	
	N-NO ₃ ⁻ (mg Kg ⁻¹)	180	61,6	
	P-Olsen (mg Kg ⁻¹)	138,7	18,2	
	pH (1:5)	7,8	5,9	
	Conductividad Eléctr. (1:5) dS m ⁻¹	0,60	0,4	
	Estabilidad y Madurez		55	3,2
	N-NH ₄ ⁺ (mg Kg ⁻¹)			
	Índice Germinación (1:10, 100%)	85	94	
Caracterización física del sustrato	Capacidad de aire % (v v ⁻¹)	12	32	
	Capacidad de agua % (v v ⁻¹)	58	50	
	Densidad de sustrato (g cm ⁻³)	0,78	0,13	
	Porosidad (%)	70	83	
	Granulometría	> 10 mm	0	0
		10 – 5 mm	8,5	35
5 – 1 mm		31	49	
< 1 mm		60,5	16	

Tabla 3 Datos analíticos microbiológicos del compost utilizado como sustrato

Análisis microbiológico	Compost RSU	Límites Res 1/19 SMYCA-SENASA
		< 1000 NMP / g compost base seca
Coliformes fecales	7	
Salmonella spp	Ausencia	< 1 NMP / g compost base seca

habituales en los compost vegetales, con pH ligeramente alcalino (la excepción son las coníferas) y moderada salinidad, a diferencia de los residuos de origen animal, con mayor acidez y contenido salino (Castán, 2017; Gutiérrez *et al.* 2022). Los contenidos de fósforo y de nitrógeno disponible son equilibrados y en el orden de los que suelen presentar los FORSU (Castán, 2017), Los análisis físicos de calidad de sustrato arrojaron valores adecuados para la multiplicación de semillas hortícolas pequeñas, como la lechuga, con predominio de partículas menores de 1 mm de diámetro (Pierini *et al.*, 2010). La porosidad total y la capacidad



de aire son algo menores al ideal de los sustratos (Abad *et al.* 1993), pero están en el orden de los habituales en compost (Pierini *et al.*, 2010) y manejables con el riego. Los datos analíticos de la mezcla TP están dentro del rango y características normales para este tipo de sustratos: alta porosidad total, alta porosidad de aire, bajo contenido de nutrientes y pH ácido. A los veinticinco días de la siembra los tratamientos C y TP tuvieron mayor largo y cantidad de hojas respecto a los tratamientos S y CS (tabla 4) pero no tuvieron diferencias significativas entre ellos dos. El tratamiento CS tuvo mayor largo de hojas que S, pero

Tabla 4 Número de hojas por plantín y largo de hojas promedio en los tres tratamientos los 25 días de siembra. Tratamientos: 100 % suelo (S), 50 % compost + 50 % suelo v v¹ (CS), 100 % de compost (C) y turba 70 % + perlita 30 % v v¹ (TP). Promedios con letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas (P < 0.05)

Tratamiento	Número de hojas promedio	Largo de hojas promedio (mm)
Suelo (S)	3.4 ^a	31 ^a
Compost + Suelo (CS)	3.5 ^a	47 ^b
Compost (C)	4.1 ^b	62 ^c
Turba + Perlita (TP)	4.2 ^b	60 ^c

menor respecto a C y TP. A los veinte días del trasplante todas las variables de crecimiento de las plantas con C fueron mayores respecto a S (tabla 5). También fueron mayores respecto a SC los valores de

Tabla 5 Número de hojas por plantín, altura de planta y peso seco aéreo promedio en los tres tratamientos a los 20 días de trasplante. Tratamientos: 100 % suelo (S), 50 % suelo + 50 % compost v v¹ (C + S) y 100 % de compost (C). Promedios con letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas (P < 0.05)

Tratamiento	Número de hojas promedio	Altura planta promedio (mm)	Peso fresco	Peso seco
			foliar (g)	foliar (g)
Suelo (S)	8.3 ^a	69 ^a	41.8 ^a	1.9 ^a
Suelo + Compost (SC)	9.5 ^a	90 ^b	47.7 ^a	2.3 ^a
Compost (C)	12.8 ^b	7 ^b	64.6 ^b	3.0 ^b

NHP, MFPA y MSPA. No se observaron diferencias significativas en APA. De acuerdo a estos resultados, el compost utilizado en forma pura tuvo un efecto positivo y estimulante sobre la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas, a diferencia de otros ensayos en los que hubo inhibición de crecimiento con concentraciones por encima de 30 % en lechuga, como en Bianco *et al.*, 2019 (óptimo de 30 % de Bokashi) y Tomblión *et al.*, 2016 (óptimo de 20 % de lombricompost) y por encima de un rango de 20% - 50 % en diferentes especies florales, como Barbaro *et al.*, 2013 y Gutiérrez *et al.* 2022. El contenido salino del sustrato utilizado (0,6 dS m⁻¹) pareciera no ser una limitante para esta etapa porque estaría dentro del rango de tolerancia de la lechuga (Maas, 1986). Respecto al valor de pH de 7,8, si bien valores superiores a 6,5 como los utilizados podrían causar menor disponibilidad de nutrientes por precipitación (Anderson *et al.*, 2017), no se manifestó carencia o desbalance evidente en ninguno de los tratamientos. Otros autores también obtuvieron buena respuesta en plantines de lechuga en un medio con alcalinidad similar (pH 7,79) y mayor salinidad (1,23 dS m⁻¹) utilizando compost a base de orujo de uva (Pinter *et al.*, 2019). Las diferencias de N y P disponible a favor del compost respecto al sustrato a base de turba no se reflejaron en los parámetros de crecimiento medidos. Es posible que esto sí hubiera sucedido en la segunda etapa del ensayo postrasplante, con mayor requerimiento nutricional de la planta. Los compost de vegetales puros aportan menor cantidad de N y P disponible respecto a los que contienen residuos animales (Castán, 2017), lo cual podría ser una limitación ante elevadas demandas, pero se constituye en una ventaja al no favorecer la acumulación de cantidades contaminantes de P por la utilización repetida de sustratos y enmiendas orgánicas (Castán, 2017), muy frecuente en cultivos hortícolas. Además, debido a que hay una relación directa entre contenido de nutrientes y salinidad, la baja



C.E. de los compost vegetales permite su utilización puro, como el utilizado en este ensayo, a diferencia de los elaborados con guano de gallina como cosustrato, que elevan mucho esta variable y solo permiten utilizarlo en pequeñas cantidades en las mezclas para sustratos (Gutiérrez *et al.*, 2022). Los resultados obtenidos mostraron que la cantidad del compost utilizado como sustrato por celda (30 cm^3) y su calidad, son adecuadas para obtener plántulas de lechuga con buena altura y número de hojas, y un comportamiento satisfactorio en la etapa inicial postrasplante. Varios autores han demostrado que la utilización de enmiendas a campo en base de compost proporciona un aumento en el rendimiento de los cultivos de la lechuga (Moreno Casco y Moral Herrero, 2011; Gaona *et al.*, 2020). Las dosis habituales de enmienda orgánica en cultivos hortícolas oscilan entre 20 y 40 t ha⁻¹, o 2 a 4 kg m⁻² (Moreno Casco y Moral Herrero, 2011). Una densidad habitual de la lechuga a campo es de 10 plantas m⁻², lo que equivale a 200 - 400 g planta⁻¹. Los 30 cm³ utilizados en cada celda de las bandejas de multiplicación en este trabajo, equivalen a 23,4 g (densidad 0,78 g cm⁻³). En planteos de agricultura familiar sustentable, se podría agregar una segunda dosis de compost localizado en el sitio de trasplante (Restrepo Rivera y Hensel, 2009), menores a las citadas como habituales, por la mayor eficiencia de localización ya mencionada, por ej. de 50 - 100 g planta⁻¹. De esta manera se podría cubrir total o parcialmente los requerimientos nutricionales del cultivo, y con menores riesgos de contaminación por acumulación de P (Castán, 2017), a la vez que se mejoran las condiciones físicas del suelo. A su vez, el aumento de la materia orgánica del suelo por aportes frecuentes de enmienda orgánica a mediano y largo plazo podría disminuir los riesgos de pérdidas de N mineral por lixiviación, actuando como reservorio y reteniendo el N mineral no utilizado por el cultivo. Los resultados obtenidos muestran que el uso de compost puro en almácigos puede mejorar el crecimiento inicial de las plántulas y permitiría un trasplante más temprano (Aravena, 2018), con un buen pan enraizado. Esta práctica puede traer otras ventajas complementarias como son el estimular la economía circular (Greco *et al.*, 2019) y familiar, utilizar los propios residuos y recursos, reducir costos de insumos y favorecer la producción sustentable y la soberanía alimentaria. Lo observado en el ensayo permite proyectar la producción de compost a mayor volumen, a base de materiales que abundan en áreas urbanas y periurbanas: residuos verdes, de poda, de FORSU y de mercados de fruta y verdura, para su uso como sustrato y como enmienda en huertas rurales y rururbanas.

BIBLIOGRAFÍA

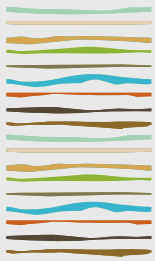
- Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. En: F Cánovas & JR Díaz (ed.). Cultivos sin suelo. Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. Pp. 47-62.
- Anderson, T; M. Martini; D. de Villiers & M. Timmons. 2017. Growth and Tissue Elemental Composition Response of Butterhead Lettuce (*Lactuca sativa*, cv. *Flandria*) to Hydroponic Conditions at Different pH and Alkalinity. *Horticulturae*, 3(3):41.
- Aravena, J. 2018. Crecimiento y calidad de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.), según tipo de fertilizante y tamaño de celda utilizado en almácigo. Tesis (Doctoral) Universidad Nacional de Luján.
- Barbaro, LA; MA Karlanian; PF Rizzo; NI Riera; V Della Torre; M Beltrán & DE Crespo. 2013. Compost de guano de gallina en la composición de sustratos para la producción de plantines florales. *Agriscientia*, 30(1):25-35.
- Barrett, GE; PD Alexander; JS Robinson & NC Bragg. 2016. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems. A review. *Scientia Horticulturae* 212:220-234.
- Bianco, MV; M Fagiani; H Campos; I Yosviak; N Muñoz; O Paz Ruggia; D Serri; N Bernadi; E Arguello Caro; L Narmona & V Silbert. 2019. Enmienda Orgánica de Suelo y su Efecto Sobre el Cultivo de Lechuga. En: Primer Congreso Argentino de Agroecología. SAAE-SOCLA, Mendoza, Argentina.
- Castán, E. 2017. Evaluación de la persistencia de la materia orgánica y del riesgo de pérdida de N y P en suelos de cuatro ecorregiones de Argentina enmendados con diferentes compost. Tesis (Doctorado). Universidad Nacional del Comahue - Centro Regional Universitario Bariloche, Argentina.
- Chávez, N J; R Collazos Silva; E Huamán & M Oliva. 2017. Aplicación de abonos orgánicos y biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), distrito de Chachapoyas. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 1(1):38-46. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20171.348>. 02/06/22.
- Gaona, A; V Silvert; L Narmona; A Ringuelet; L Pietrarelly; V Bianco & D Serri. 2020. Una experiencia de gestión de residuos avícolas y su aplicación agronómica en la producción hortícola del cinturón verde de Córdoba, Argentina. En: VII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Sociedad Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Montevideo, Uruguay.
- Greco, C; A Agnello; G La Placa; MM Mammano & K Navickas. 2019. Biowaste in a circular bioeconomy in Mediterranean area: A case study of compost and vermicompost as growing substrates alternative to peat. *Revista di Studi sulla Sostenibilità* (2): 345-362. [ht-](http://dx.doi.org/10.25127/aps.20171.348)



[tps://doi.org/10.3280/RISS2019-002-S1022](https://doi.org/10.3280/RISS2019-002-S1022). 10/07/22.

- Gutierrez, A; L Orden; P Postemsky; G Iocoli; G Mockel & P Marinangeli. 2022. Compost de agroresiduos como componente de sustratos para plantas ornamentales. *ASAHO* 41(104):7-18.
- Leconte, MC; MJ Mazzarino; P Satti; MC Iglesias & F Laos. 2009. Composting poultry manure with rice hulls and/or sawdust in NE Argentina. *Waste Manage.* 29: 2446-2453.
- Maas, EV 1986. Salt tolerant of plant. *Applied Agricultural Research* 1(1):12-16.
- Moreno Casco, J & RM Moral Herrero. 2011. *Compostaje*. Editorial Mundi-Prensa.
- Moreno, J; R Moral; JL García Morales; JA Pascual & MP Bernal. 2016. *Residuos Orgánicos y agricultura intensiva. De residuo a recurso, el camino hacia la sostenibilidad*. Ed. Mundi Prensa.
- Pierini, V; S Ratto; F Avedissian; M Zubillaga & J Arancio. 2010. Propiedades Físicas de un Compost Obtenido a Partir de Residuos de Poda. *Rev. Facultad de Agronomía UBA*, 30(1-2):95-99.
- Pinter, I F; GD Aguado; F De Biazzi; AS Fernández; L Martínez & EM Uliarte. 2019. Eficiencia del compost de orujo de uva y residuos orgánicos como sustrato en plantines de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(2):261-269.
- Restrepo Rivera, J & J Hensel. 2009. *Manual Práctico de Agricultura Orgánica y Panes de Piedra*. Impresora Feriva S.A. Cali, Colombia.
- SCyMA & SENASA. 2019. Marco Normativo para la Producción, Registro y Aplicación de Compost. Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental y Servicio de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Resolución conjunta 1/2019. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1-2019-318692/texto>. 20/08/22.
- Salleses LF; PF Rizzo; N Riera; V Della Torre; DE Crespo & PS Pathauer. 2015. Efecto de compost de guano avícola en la producción de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*. *Ciencia del Suelo* 33(2):221-228.
- Salusso, F; J Plevich; A Delgado; LE Grosso; DF Ramos. 2015. Calidad de Plántulas de lechuga en diferentes volúmenes de celdas y su influencia en el rendimiento. <https://www.researchgate.net/publication/299499015>. 27/08/22.
- Tognetti, C; MJ Mazzarino & F Laos. 2007. Cocomposting biosolids and municipal organic waste: effects of process management on stabilization and quality. *Biol & Fert. of Soils* 43:387–397.
- Tombion, L; AV Puerta; LA Barbaro; MA Karlanian; MA Sangiacomo & M Garbi. 2016. Características del sustrato y calidad de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.) según dosis de lombricompost. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(1):46-52.





ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTO EN EL CORTO PLAZO SOBRE INDICADORES DE SALUD EDÁFICA

Romero, J.¹, L.B. Pio D'Onofrio¹, G.V. García^{1,2}, L. Bassi^{1,3}, M.M. Echarte^{1,2}, H.R. Sainz Rozas^{1,2}, N. Wyngaard^{1,2}, N.I. Reussi Calvo^{1,2}, W.D. Carciochi^{1,2,*}

¹ Unidad Integrada Balcarce (FCA-INTA);

² CONICET;

³ Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires;

* Ruta 226, km 73.5, (7620) Balcarce, Prov. de Buenos Aires, waltercarciochi@hotmail.com

RESUMEN

El carbono orgánico (CO) total (COT) es uno de los componentes del suelo que más incide sobre su salud y está compuesto por dos fracciones, el CO asociado a minerales (COA) y el CO particulado (COP). Además, otras variables como el nitrógeno (N) mineralizado en anaerobiosis (Nan) y la respiración microbiana (C-CO₂), también han sido sugeridos como indicadores de salud edáfica dada su sensibilidad a las prácticas de manejo. La aplicación de enmiendas orgánicas puede impactar sobre dichos indicadores. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos en el corto plazo de la aplicación de enmiendas orgánicas [guano de gallina (GG), efluente líquido de cerdo (ELC) y digerido (DIG)] sobre indicadores de salud edáfica. Se realizó un ensayo de campo donde se evaluaron tres enmiendas orgánicas (GG, ELC y DIG) aplicados 15 días pre-siembra del trigo (*Triticum aestivum* L.) en cinco dosis (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ de N total). A la siembra y cosecha del trigo se determinó en el suelo (0-10 cm) COT, COA, COP, Nan y C-CO₂. A la siembra se observaron i) tendencias a mayor COP (38%) con GG, ii) incrementos de COA con altas dosis de ELC (+7%), iii) aumentos de Nan de diferente magnitud según la enmienda y iv) mayor C-CO₂ con GG (+62%) y ELC (+41%), respecto del testigo. A la cosecha del trigo (6 meses post-aplicación de las enmiendas) sólo altas dosis de las enmiendas (150 y 200 kg N ha⁻¹) aumentaron el C-CO₂ 33% respecto del testigo. Se concluye que los cambios generados en los indicadores de salud edáfica por el uso de enmiendas orgánicas no persisten en el corto plazo, siendo necesario analizar el efecto de aplicaciones sucesivas de enmiendas orgánicas en el mediano a largo plazo.

Palabras clave: guano de gallina, efluente líquido de cerdo, digerido.

INTRODUCCIÓN

La salud edáfica es un término acuñado para describir la capacidad del suelo para funcionar como un sistema vivo dentro del ecosistema, sostener la productividad biológica, la salud vegetal, animal y humana, además de promover la calidad del aire y el agua. Un suelo sano es aquel capaz de, en función de las condiciones edafoclimáticas en las que tuvo origen y evolucionó, cumplir con todas sus funciones dentro del ecosistema (Doran, 2002).

El carbono (C) orgánico (CO) total (COT) del suelo es uno de los componentes que más incide sobre la salud del suelo. Su contenido se encuentra regulado por un balance entre ingresos y egresos, modulado por las condiciones edafoclimáticas del lugar y el manejo del suelo (Diovisalvi *et al.*, 2008). El COT se encuentra compuesto por dos fracciones, el CO asociado a la fracción mineral (COA) y el CO particulado (COP). Este último, por ser más susceptible a la degradación microbiana, es el más sensible a las prácticas de manejo (Diovisalvi *et al.*, 2008). Asimismo, otras variables como el nitrógeno (N) mineralizado en anaerobiosis (Nan), el cual manifiesta la capacidad del suelo para mineralizar N, y la respiración microbiana, expresada como C en for-



ma de dióxido de C emitido por los microorganismos (C-CO₂), han sido también sugeridos como indicadores de la salud edáfica dada su sensibilidad a las prácticas de manejo (García *et al.*, 2016; Sainju *et al.*, 2021). En Argentina, el crecimiento de las producciones pecuarias intensivas no sólo trajo aparejado un aumento de la cantidad de alimentos, sino también en el volumen de desechos de la producción. La necesidad de canalizar esos desechos para evitar posibles contaminaciones adopta diferentes estrategias como es la producción de energías renovables o su uso como fertilizante o enmienda orgánica (Surendra *et al.*, 2014). La aplicación de enmiendas orgánicas puede impactar sobre los indicadores de salud edáfica. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos en el corto plazo sobre indicadores de salud edáfica debidos a la aplicación de enmiendas orgánicas [guano de gallina (GG), efluente líquido de cerdo (ELC) y digerido (DIG)].

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue llevado a cabo en condiciones de campo en las instalaciones de la Unidad Integrada Balcarce (37° 45' 13" S, 58° 17' 53" O) sobre un suelo Argiudol Típico de textura superficial franco-arcillosa. Para llevar a cabo la experiencia se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de una superficie circular de 0,3 m de diámetro (0,07m²) delimitada por un cilindro de PVC enterrado 10 cm en el suelo a modo de microparcelas. Se evaluaron 3 enmiendas orgánicas: I) guano de gallinas ponedoras (GG), II) efluente líquido de cerdos (ELC) y III) digerido (DIG), el cual es un subproducto de la digestión anaeróbica proveniente de un biodigestor inoculado con una mezcla de GG, ELC y barros activos de un biodigestor. Algunas características de las enmiendas son presentadas en la Tabla 1. Las enmiendas se evaluaron en cuatro dosis equivalentes a I) 50, II) 100, III) 150 y IV) 200 kg N ha⁻¹ (50N, 100N, 150N y 200N, respectivamente) calculados en base a la concentración de N total de cada enmienda, y se añadió un testigo (sin la aplicación de enmienda). La evaluación de estos tratamientos fue llevada a cabo sobre el ciclo de un cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.), en donde la aplicación de las enmiendas se realizó sobre la superficie del suelo en un único momento, 15 días previos a la siembra del trigo. La recolección de muestras se llevó a cabo a la siembra y a la cosecha del cultivo en 0-10 cm de profundidad. Sobre dichas muestras se determinó i) COT mediante combustión húmeda con mantenimiento de la temperatura de reacción (Schlichting *et al.*, 1995); ii) COA mediante fraccionamiento físico por tamaño de partícula mediante tamizado en húmedo (Cambardella & Elliott, 1992) y posterior determinación de CO según lo descrito por Schlichting *et al.* (1995); iii) COP mediante la diferencia entre COT y COA; iv) Nan mediante una incubación anaeróbica corta del suelo (7 días a 40°C) (Keeney, 1982) y posterior cuantificación de N-NH₄⁺ mediante destilación por arrastre de vapor (Bremner & Keeney, 1966), restándole la concentración de N-NH₄⁺ de la muestra previo a la incubación; y v) respiración microbiana (expresada como C-CO₂) mediante una muestra de suelo re-humedecida e incubada aeróbicamente 3 días a 25 °C acompañada por una trampa de hidróxido de sodio para capturar el dióxido de carbono emitido por los microorganismos y posterior cuantificación por titulación (Franzluebbbers *et al.*, 2000)

Tabla 1: Caracterización de las enmiendas. GG: guano de gallina; ELC: efluente líquido de cerdo; DIG: digerido; CO: carbono orgánico; N: nitrógeno; 50N, 100N, 150N y 200N: dosis de enmiendas orgánicas equivalentes a 50, 100, 150 y 200 kg N ha⁻¹.

Enmienda	Sólidos totales (%)	CO (%)	N total (g kg ⁻¹ o g L ⁻¹)	Aporte de CO (kg ha ⁻¹) ^b			
				50N	100N	150N	200N
GG ^a	29,16	30,39	29,05	523	1046	1569	2092
ELC	0,79	0,28	0,72	191	383	574	766
DIG	1,90	0,52	2,28	114	227	341	455

^a Concentración de CO y N expresados en base seca; ^b Aporte de CO con las dosis de enmienda orgánica.

Se evaluó el efecto de la combinación de las tres enmiendas orgánicas (GG, ELC y DIG) y sus cuatro dosis (50, 100, 150 y 200 kg N ha⁻¹) (tratamientos) sobre las variables edáficas para cada momento de muestreo (i.e. siembra y cosecha del trigo) mediante análisis de la varianza. Cuando las diferencias entre tratamientos o entre niveles de un factor fueron significativas se realizó una comparación de medias mediante el empleo



del test de Tukey ($P < 0,05$). Además, se evaluó la relación entre $C-CO_2$ o Nan y el aporte de COT con las enmiendas mediante modelos de regresión lineales. Se utilizó un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al momento de la siembra del trigo (15 días post-aplicación de las enmiendas), no se registraron efectos de interacción entre enmienda y dosis sobre el COT, pero sí se registró efecto significativo de las enmiendas (Tabla 2). Al respecto el COT fue levemente menor en DIG respecto a GG y ELC (datos no mostrados). Esto se debe al menor aporte de CO con el DIG por su menor relación C/N (2,3/1) respecto a las otras dos enmiendas orgánicas (relación C/N 10,5/1 para GG y 3,8/1 para ELC). Por su parte, a la cosecha no se registraron efectos de los factores analizados sobre dicha variable.

Tabla 2. ANOVA para el efecto de la enmienda, dosis y su interacción sobre indicadores de salud edáfica [carbono orgánico total (COT), particulado (COP) y asociado a minerales (COA), nitrógeno mineralizado en anaerobiosis (Nan) y respiración microbiana ($C-CO_2$)].

Fuente de variación	COT	COP	COA	Nan	$C-CO_2$
Siembra					
Enmienda	0,041	0,089	<0,001	<0,001	<0,001
Dosis	0,387	0,089	0,101	<0,001	0,754
Enmienda x Dosis	0,375	0,464	0,002	<0,001	0,985
Cosecha					
Enmienda	0,264	0,794	0,142	0,191	0,186
Dosis	0,931	0,562	0,501	0,308	<0,001
Enmienda x Dosis	0,830	0,778	0,867	0,291	0,438

Al momento de la siembra y cosecha del cultivo, no se registraron efectos de interacción ni efecto principal de cada factor por separado sobre el COP (Tabla 2). Sin embargo, cabe destacar la existencia de una tendencia a ser afectado por la dosis y las enmiendas al momento de la siembra. Así, el COP tendió a ser mayor con GG ($4,78 \text{ g kg}^{-1}$), respecto a ELC ($3,86 \text{ g kg}^{-1}$) y DIG ($3,55 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 1). De este modo, el COP en el GG fue 38,5% superior al testigo. Este efecto, podría tener implicancias en la liberación de nutrientes, debido a que COP tiene una rápida tasa de ciclado, por lo cual podría contribuir a un mayor aporte de nutrientes a los cultivos (Diovisalvi *et al.*, 2008).

Respecto al COA, al momento de la siembra, se registraron efectos de interacción entre enmienda y dosis. En general el ELC registró los valores más altos, siendo los superiores en las dosis 150N y 200N (Figura 1). El mayor efecto se observó en la dosis 150N, donde el ELC superó al GG y DIG por 11,8 y 6,9%, respectivamente. Estos resultados y los expuestos anteriormente para COP pueden ser explicados por el tamaño de las partículas orgánicas de cada enmienda, al ser el ELC y DIG enmiendas líquidas, es probable que la mayor parte del COT se encuentre en fracciones menores que $53 \mu\text{m}$, que son las consideradas en el COA. A su vez, la cantidad de COT aportado para una misma dosis de N fue 69 % superior con ELC respecto a DIG. Por su parte, el GG por ser una enmienda semi-sólida, puede haber contenido una mayor proporción de su COT en partículas mayores que $53 \mu\text{m}$ (COP), lo cual se refleja en la tendencia mencionada a mayor COP en esta enmienda. Por su parte, al momento de la cosecha (6 meses post-aplicación de las enmiendas), no se registró efecto de los factores analizados sobre el COA.



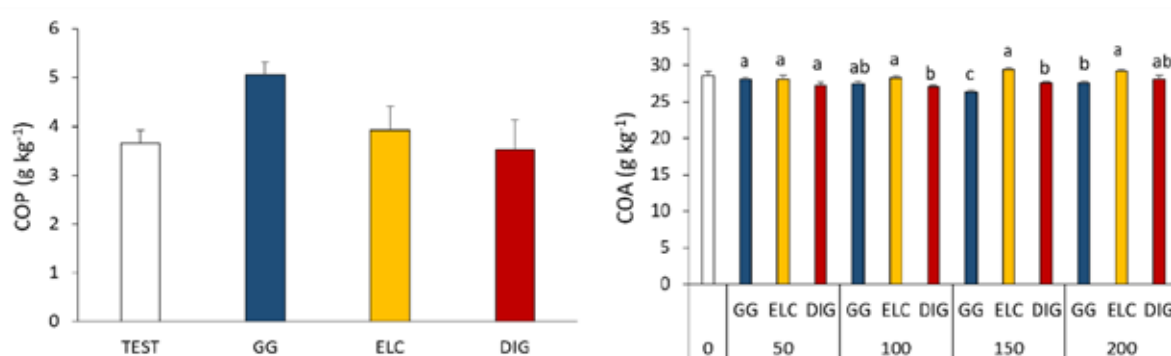


Figura 1. Carbono orgánico particulado (COP) y carbono orgánico asociado a minerales (COA) a la siembra del trigo luego de aplicar 15 días pre-siembra tres enmiendas [guano de gallina (GG), efluente líquido de cerdo (ELC) y digerido (DIG)] en cuatro dosis (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno total) más un testigo (dosis 0 kg ha⁻¹). Medias de enmiendas dentro de cada dosis (para COA) seguidas por una misma letra no son significativamente diferentes según test de Tukey ($p < 0,05$). Las barras verticales en cada columna indican el error estándar de la media.

Los efectos de las enmiendas y sus dosis sobre el Nan se restringieron al momento de siembra, dado que desaparecieron al momento de la cosecha (Tabla 2). Así, a la siembra se observó interacción entre enmienda y dosis. La aplicación de ELC y GG incrementó el Nan respecto del testigo y sólo en el ELC hubo un aumento de Nan con el aumento de la dosis (Figura 2). En el DIG, sólo la dosis 200N incrementó significativamente el Nan. Además, al comparar las enmiendas dentro de la dosis 200N, se observó que el Nan en el ELC superó en un 92% al del GG y DIG. Estas diferencias podrían ser explicadas por labilidad del CO de las enmiendas o bien por su contenido de N inorgánico. La relación N inorgánico/N total, fue de 0,42, 0,74 y 0,62 para GG, ELC y DIG, respectivamente (datos no mostrados). Es decir, en el ELC casi el 75% del N se encontró bajo formas inorgánicas, lo cual puede haber generado un efecto "priming" o cebador, promoviendo la actividad de microorganismos edáficos (Kuziyakov et al., 2000).

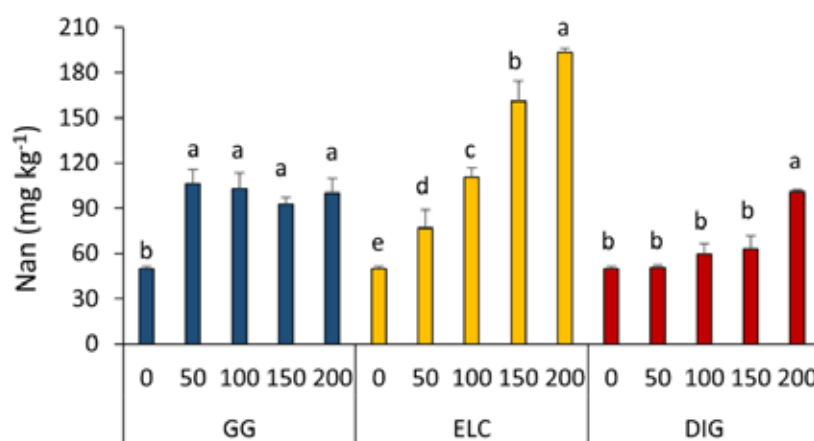


Figura 2. Nitrógeno mineralizado en anaerobiosis (Nan) del suelo luego de aplicar 15 días pre-siembra tres enmiendas [guano de gallina (GG), efluente líquido de cerdo (ELC) y digerido (DIG)] en cuatro dosis (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno total) más un testigo (dosis 0 kg ha⁻¹). Medias seguidas por una misma letra dentro de cada enmienda no son significativamente diferentes según test de Tukey ($P < 0,05$). Las barras verticales en cada columna indican el error estándar de la media.

La C-CO₂ no registró interacción entre enmienda y dosis al momento de la siembra, aunque sí se registraron efectos de la enmienda (Tabla 2). La C-CO₂ fue GG (273 mg kg⁻¹) ≥ ELC (238 mg kg⁻¹) ≥ DIG (191 mg kg⁻¹) ≥ testigo (Figura 3). Estos resultados pueden ser explicados por las diferencias en el aporte de CO que fue GG > ELC > DIG (Tabla 1). Además, podría explicarse por las diferencias en la labilidad de los compuestos carbonados de las enmiendas, debido a que los resultados obtenidos coinciden con las variaciones observadas en COP (Figura 1). Al momento de la cosecha, no se registraron efectos de interacción entre enmienda y dosis sobre dicha variable. No obstante, se observó efecto de la dosis de enmienda (Tabla 2). En la Figura 3



se observa que los valores más altos de C-CO₂ se registraron con las dosis 150N y 200N, superando un 33% al testigo. Esto indica que a la cosecha del trigo (6 meses post-aplicación de las enmiendas orgánicas), sólo habría compuestos lábiles para ser degradados por los microorganismos edáficos con las dosis más altas de las enmiendas. Al respecto, Pegoraro (2019), en un ensayo en que comparó distintas formas de aplicación del ELC con respecto a un testigo, reportó que no existieron diferencias al momento de la cosecha en la C-CO₂ con el aplicado del ELC. Además, señaló que sólo un aumento transitorio en la C-CO₂ ocurre durante la primera semana después de la adición del ELC.

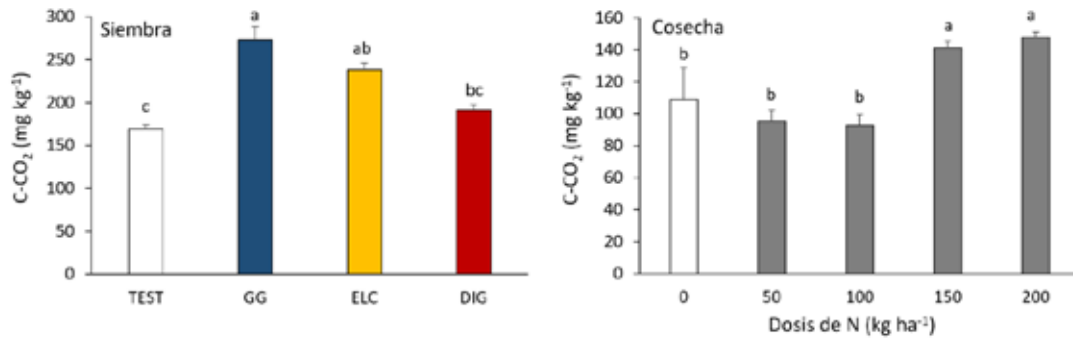


Figura 3. Respiración microbiana (C-CO₂) del suelo a la siembra y cosecha trigo luego de aplicar 15 días pre-siembra tres enmiendas [guano de gallina (GG), efluente líquido de cerdo (ELC) y digerido (DIG)] en cuatro dosis de nitrógeno total (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) más un testigo (dosis 0 kg ha⁻¹). Medias seguidas por una misma letra dentro de cada momento (siembra y cosecha) no son significativamente diferentes según test de Tukey ($P < 0,05$). Las barras verticales en cada columna indican el error estándar de la media.

Las variaciones observadas en C-CO₂ y Nan se relacionaron con el aporte de CO de cada una de las enmiendas (Figura 4). La relación de ambas variables con el aporte de CO fue de tipo lineal simple en ELC y DIG, mientras que la relación fue de tipo cuadrática en GG. Posiblemente, las altas dosis de CO aportados con GG hayan generado una saturación de la actividad de los microorganismos involucrados en cada variable, aunque también es probable que hubiera diferencias entre enmiendas en la labilidad de sus compuestos orgánicos. Por su parte, el DIG fue la enmienda que generó los menores aumentos de C-CO₂ y Nan, lo cual podría ser explicado por la mayor estabilidad de este compuesto al sufrir un proceso de degradación previa (Iocoli & Gomez, 2015).

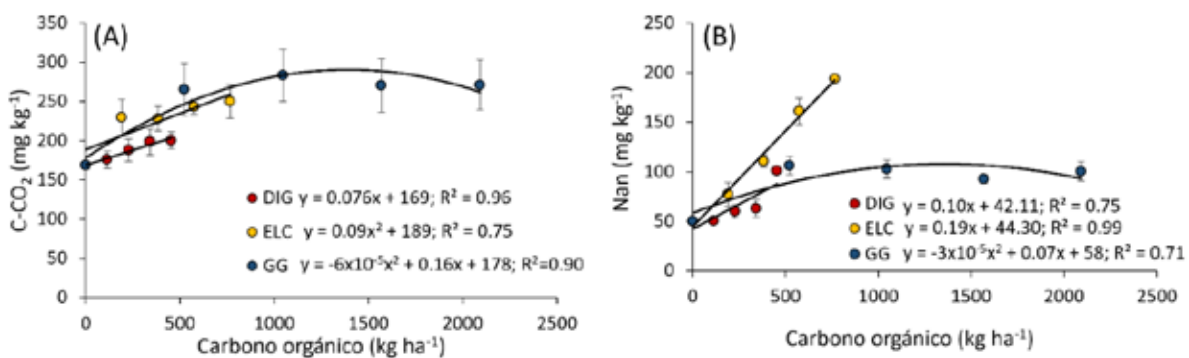


Figura 4. Relación entre respiración microbiana (C-CO₂) (A) o nitrógeno mineralizado en anaerobiosis (Nan) (B) a la siembra del trigo y el aporte de carbono orgánico de tres enmiendas [guano de gallina (GG), efluente líquido de cerdo (ELC) y digerido (DIG)]. Modelos significativos ($P < 0,05$). Las barras verticales en cada punto indican el error estándar de la media.

CONCLUSIONES

A la siembra del trigo (15 días post-aplicación de las enmiendas orgánicas) las enmiendas generaron mejoras en los indicadores de la salud edáfica. Así, el COP tendió a incrementar con GG y el COA aumentó con altas dosis de ELC, resultando en leves aumentos de COT con GG y ELC respecto al DIG. El Nan aumentó con

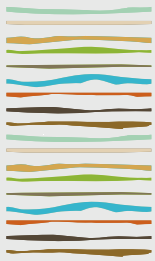


todas las enmiendas orgánicas de manera diferencial según la dosis. Por su parte, la C-CO₂ se incrementó con GG y ELC respecto del testigo, y dicha variable fue la única que mostró cambios a la cosecha del trigo (6 meses post-aplicación de las enmiendas), donde las altas dosis de enmiendas aumentaron la C-CO₂ respecto del testigo. Se concluye que los cambios generados en los indicadores de salud edáfica por el uso de enmiendas orgánicas no persisten en el corto plazo (a excepción de C-CO₂), siendo necesario analizar el efecto de aplicaciones sucesivas de enmiendas orgánicas en el mediano a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bremner, J & D Keeney. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soil: exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction–distillation methods. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30:577-582.
- Cambardella, CA & ET Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:777-783.
- Diovisalvi, NV.; GA Studdert; GF Domínguez & MJ Eiza. 2008. Fracciones de carbono y nitrógeno orgánicos y nitrógeno anaeróbico bajo agricultura continúa con dos sistemas de labranza. *Cienc. Suelo* 26:1-11.
- Doran JW. 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88:119-127. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00246-8
- Franzuebbers, AJ.; RI Haney; CW Honeycutt; HH Schomberg & FM Hons. 2000. Flush of carbon dioxide following rewetting of dried soil relates to active organic pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:613-623. DOI: 10.2136/sssaj2000.642613x
- García, GV; GA Studdert; MN Domingo & GF Domínguez. 2016. Nitrógeno mineralizado en anaerobiosis: Relación con sistemas de cultivo de agricultura continua. *Cienc. Suelo* 34:127-138.
- Iocoli, GA & MA Gómez. 2015. Utilización de digerido anaeróbico de purín de cerdo: actividad biológica del suelo y desarrollo vegetal. *Cienc. Suelo* 33:1-9.
- Keeney, DR. 1982. Nitrogen-availability indexes. In: AL Page (ed.). *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties - Agronomy Monograph 9* (2nd ed.). Pp. 643-698. ASA.SSSA. Madison, WI.
- Kuzyakov, Y; JK Friedel & K Stahr. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem.* 32(11–12): 1485–1498.
- Pegoraro, VR. 2019. Diagnóstico del manejo de efluentes porcinos e impacto de su valoración agronómica en el sistema suelo-planta. Córdoba, Argentina. 142 pp.
- Sainju, UM; D Liptzin & SM Dangi. 2021. Carbon dioxide flush as a soil health indicator related to soil properties and crop yields. *Soil Sci Soc Am J.* 85:1679-1697. DOI: 10.1002/saj2.20288
- Schlichting, E; HP Blume & K Stahr. 1995. *Bodenkundliches Praktikum*. Paul Parey. Hamburg, Alemania. 209 p.
- Surendra, KC; D Takara; AG Hashimoto & SK Khana. 2014. Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 31: 846–859.





RESPUESTA FISICO-HIDROLOGICA Y MICROBIANA A LA INTENSIFICACION DE CULTIVOS EN SUELOS DEL SUDESTE BONAERENSE

Ronco, J.L.¹, G. Fernández-Gnecco^{2,3}, V.F. Consolo², G. S. Delgado, G.V. García^{1,4}, P. A. Barbieri¹, F. Covacevich^{2*}

¹Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible (IPADS; CONICET-INTA)

²Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología (INBIOTEC),

³Julius Kühn Institute (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Plant Protection in Horticulture and Urban Green,

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

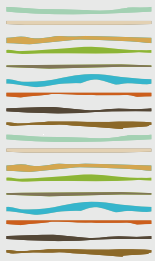
* Vieytes 3103, Mar del Plata Argentina, covacevich.fernanda@inta.gov.ar

RESUMEN

La buena aptitud agrícola que caracteriza a los suelos del sudeste bonaerense evidencia una variedad de signos de degradación, debido al uso de regímenes de cultivo extractivos como el monocultivo de soja (*Glycine max*) (Monocultivo). Algunos de los signos de deterioro se relacionan con disminuciones del carbono orgánico total (COT), la pérdida de nutrientes esenciales como el fósforo (P), la caída de la abundancia/diversidad de microorganismos nativos benéficos y de estabilidad estructural del horizonte superficial, que se traduce en menor capacidad de infiltrar y acumular agua. La promoción de intensificación de cultivos (IC) mediante la inclusión de cultivos de cobertura (Cobertura) y rotaciones (Rotación), potenciarían el hábitat rizosférico con una mayor variedad de tipo de raíces durante el año. Nuestro objetivo fue conocer si la IC estimula cambios en las comunidades microbianas contribuyendo en la conservación COT, a la accesibilidad a fuentes de P y en la dinámica de agua en el perfil edáfico. Para ello, en un ensayo de larga duración (desde 2006) establecido en Balcarce, se evaluaron tres regímenes de cultivo soja: (i) Monocultivo de soja (ii) Cobertura, cultivo cobertura (avena, *Avena Byzantina*) seguido por soja (iii) Rotación, rotación de soja seguido de cultivo cobertura, maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum aestivum*). El suelo bajo estudio corresponde a un suelo Argiudol típico (textura franca, contenido de materia orgánica 4 g kg⁻¹). Previo a la siembra del cultivo cobertura (invierno), se realizaron ensayos de infiltración de donde se estimó la sortividad (Sp) utilizando el modelo de Philips. En muestras de suelo compuestas (0-15 cm de profundidad) se determinó el COT, la abundancia de bacterias solubilizadoras de P (SolubP), de hongos *Trichoderma* y su capacidad de solubilización de P (CSP). Asimismo, se estimó la actividad de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) vinculados con la agregación del suelo, como la secreción de glomalina total asociada a las proteínas del suelo (T-GRSP). Durante el verano, en el estadio R1 de la soja, se cuantificó la frecuencia de colonización por HMA (FC-HMA) en las raíces. Los resultados mostraron que, en comparación con Cobertura y Rotación, el Monocultivo presentó el valor más alto de Sp, lo que indica un ingreso rápido del agua en el perfil del suelo, que junto a las menores tasas de COT podrían relacionarse con una menor estabilidad de agregados. El régimen Rotación seguido por Cobertura, presentaron los mayores niveles de T-GRSP, FC-HMA, abundancia de SolubP, *Trichoderma* y mayor CSP de éstas últimas. La mayor FC-HMA y abundancia de cepas de *Trichoderma* con CSP favorecerían implicancias ecológicas y productivas en la solubilización-transporte del P desde el suelo hacia las plantas. Estos resultados sugieren que la IC en sistemas productivos de soja, como Cobertura y Rotación, contribuirían a mantener/mejorar la abundancia de comunidades microbianas en beneficio del servicio ecosistémico y de sus relaciones con las propiedades físico-hidrológicas del suelo.

Palabras clave: infiltración, carbono orgánico, hongos micorrícicos arbusculares.





EI MANEJO AGRÍCOLA AGROECOLÓGICO MEJORA EL FUNCIONAMIENTO DEL MICROBIOMA DEL SUELO

Roulet, M. S.¹; Cereijo, A. E.¹⁻²; Mieres, L.N.¹; Bonel, B.²; Silberman, J.E.³

¹ INTA EEA Reconquista. Ruta 11, km 773, Reconquista, Santa Fe, Argentina. roulet.maria@inta.gob.ar

² CONICET.

³ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

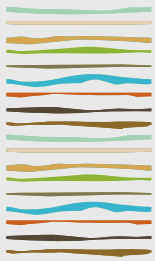
⁴ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

RESUMEN

En la región chacopampeana Argentina se busca promover la implementación de sistemas alternativos de producción que mejoren el funcionamiento del microbioma del suelo buscando favorecer numerosas funciones ecosistémicas, entre ellas la disponibilidad de nutrientes y la productividad primaria. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de prácticas de manejo con enfoque agroecológico sobre la actividad enzimática de las comunidades microbianas edáficas en sistemas productivos del norte de Santa Fe. Se tomaron muestras de suelo de 0 a 10 cm de profundidad durante la temporada de otoño y primavera del 2021 de lotes agrícolas ubicados en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Reconquista, Santa Fe, Argentina; cuatro con un manejo Agrícola basado en Insumos Químicos (AIQ) predominante en la zona, donde su rotación es limitada a tres cultivos representativos de la misma (trigo/soja – girasol), con alto uso de agroquímicos y fertilizantes de síntesis química; y cuatro sitios con un manejo Agrícola bajo principios Agroecológicos (AA) con una rotación de cultivos de renta (trigo, avena, soja y sorgo) con cultivos de cobertura (melilotus, avena y crotalaria), uso de insumos biológicos y fertilizantes orgánicos. Como testigos de referencia se tomaron muestras de cuatro sitios de Franjas de Vegetación Espontánea (FVE). Las diferentes actividades enzimáticas del suelo estudiadas (FDA, arilsulfatasa, β -glucosidasa y deshidrogenasa) registraron mayores valores en los tratamientos FVE y AA respecto de AIQ. Estos resultados indican que, por un lado, las comunidades microbianas del suelo con vegetación natural tienen alto potencial catabólico y por otro, que la inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas agrícolas agroecológicos favorecería el metabolismo microbiano. Existe evidencia científica que indica que las plantas pueden modificar el microbioma del suelo a través de los exudados radiculares. Esto coincide con numerosas investigaciones que sugieren que la actividad enzimática del suelo se ve favorecida por la inclusión de cultivos de cobertura durante el barbecho. La actividad enzimática global (FDA) fue mayor en los sitios FVE y AA (95,81 y 89,05 μg fluoresceína/g suelo respectivamente) y significativamente diferente del sitio AIQ (73,06 μg fluoresceína/g suelo). Lo mismo ocurrió con la enzima arilsulfatasa que presentó mayor actividad en los sitios FVE (159,14 μg PNF/g suelo) y AA (96,24 μg PNF/g suelo), en contraste con el sitio AIQ (67,81 μg PNF/g suelo), el que exhibió la menor actividad. La enzima β -glucosidasa mostró un comportamiento similar, siendo mayor en los sitios AA (107,32 μg PNF/g suelo) y FVE (104,47 μg PNF/g suelo) y significativamente diferente de AIQ (70,37 μg PNF/g suelo). Y, por último, la actividad de la enzima deshidrogenasa, presentó los mayores valores en los sitios FVE (21,19 μg TPF/g suelo) y en AA (22,2 μg TPF/g suelo). En cambio, es significativamente menor en los sitios AIQ (7,33 μg TPF/g suelo). Con base en los resultados se concluye que la mayor actividad enzimática es un indicio de que el manejo bajo principios agroecológicos presenta un mejor estado de conservación de la calidad del suelo.

Palabras clave: FDA, β -glucosidasa, arilsulfatasa.





DENSIDAD DE INVERTEBRADOS EN DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO Y SU RELACIÓN CON PROPIEDADES DEL SUELO

Saluso, A^{1,2*}, L. Coll², A.L. Cuatrin^{1,2}, V.C. Gregorutti^{1,2}, R.P. Ecclesia², F. Beltramino¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNER;

² INTA EEA Paraná.

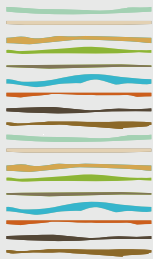
* Ruta 11, Km 12,5 Oro Verde, Entre Ríos-Argentina, saluso.adriana@inta.gob.ar

RESUMEN

Las diferentes prácticas de manejo agronómico pueden generar alteraciones químicas y mecánicas en el suelo, las que a su vez influirían en la abundancia de los invertebrados que lo habitan. Esta investigación tuvo como objetivo determinar los efectos de dos sistemas de manejo de cultivos contrastantes en la densidad de invertebrados y su relación con propiedades del suelo. El experimento se llevó a cabo en la EEA Paraná del INTA (Entre Ríos-Argentina; 31°51'05.16" S; 60°31'24.22" O), en un suelo Argiudol ácuico. En maíz (M) y soja (S), dentro de una secuencia de cultivos, se evaluaron dos tipos de manejo (tratamientos): Intensificación sustentable (MIS) y Transición hacia la Agroecología (MTA), los que se diferenciaron, principalmente, por el uso de fitosanitarios y por las prácticas culturales propuestas. Se siguió un diseño en bloques con arreglo en parcelas subdivididas de los tratamientos, con tres repeticiones. En madurez fisiológica de los cultivos de S y M, cuyos antecesores fueron trigo y cultivo de cobertura multiespecie, respectivamente, se realizó el muestreo de los invertebrados edáficos, mediante monolitos de 25 cm de lado y 30 cm de profundidad, en tres estaciones por unidad muestral. Se contabilizaron los invertebrados (ind m⁻²) presentes en tres estratos (E1:0-10, E2:10-20 y E3:20-30 cm). Por tratamiento, se tomó una muestra compuesta de suelo, a las profundidades mencionadas. En laboratorio se determinó nitrógeno total (Nt), materia orgánica (MO), carbono en la fracción de la materia orgánica particulada (C-MOP) y conductividad eléctrica (Ce). Los datos se analizaron mediante un ANOVA, corregidos por las propiedades del suelo, en términos de covariación y, la variable densidad de invertebrados (Di) se transformó a log₁₀. Se encontraron, en promedio, 1525 ind m⁻², 690 ind m⁻² y 316 ind m⁻² en E1, E2 y E3 respectivamente, sin considerar los tratamientos y los cultivos. Dentro de estos últimos, en E1, la Di en S MTA fue un 16% superior en comparación con M MTA, mientras que en S MIS hubo un 51% más de individuos que en M MIS, aunque no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre cultivos (t=1,10; p=0,29). En los análisis realizados la profundidad incidió significativamente en la Di (F=23,11; p<0,01), pero no se detectaron diferencias entre los tipos de manejo agronómico evaluados (F=0,29; p=0,75). En lo que respecta a las propiedades del suelo, el C-MOP fue el único componente edáfico que afectó significativamente la Di (F=227,29; p=0,04), sin embargo, la diferencia estadística entre los tratamientos MIS-MTA fue débil (F=97,57; p=0,06). En los primeros 10 cm, si bien los valores de C-MOP fueron los más elevados, estuvieron influenciados por el cultivo. Así, M MTA tuvo un 31% más de C-MOP en comparación con S MTA, y M MIS un 18% más que S MIS. Las restantes propiedades del suelo analizadas no afectaron significativamente la Di (Nt: F=0,1; p=0,8, MO: F=0,03; p=0,89, Ce: F=2,23; p=0,38). Se requiere continuar con estos experimentos a fin de generar más información que permita entender la trama compleja que incide en las interacciones entre la biota edáfica, sus propiedades y las prácticas agronómicas.

Palabras clave: Biota edáfica, maíz, soja.





CLOROFILA "A" DE LA COMUNIDAD FOTOAUTOTRÓFICA DEL SUELO EN SECUENCIAS AGRÍCOLAS CON DIFERENTES MANEJOS

Sánchez, C.I.^{1*}, V.C. Gregorutti^{1,2}, A.L. Cuatrin^{1,2}, A. Saluso^{1,2}, L. Coll²

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNER;

² INTA EEA Paraná.

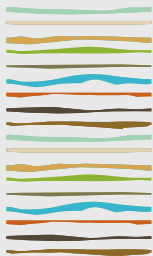
* Ruta 11, Km 10,5 Oro Verde, Entre Ríos-Argentina, cecilia.sanchez@fca.uner.edu.ar

RESUMEN

La comunidad fotoautotrófica del suelo (algas eucariotas y cianobacterias) se desarrolla en los primeros centímetros del suelo, por lo que es sensible a las prácticas de manejo y está más afectada, que otros grupos microbianos, por los factores climáticos. El objetivo del trabajo fue evaluar los cambios estacionales de la biomasa de la comunidad algal del suelo, a partir del contenido de clorofila "a", en una secuencia de cultivos bajo dos tipos de manejo. Se trabajó en un ensayo experimental situado en la EEA Paraná del INTA en un suelo Argiudol ácuico con la secuencia de cultivos: Trigo/Soja-Cultivo de Cobertura/Maíz bajo dos manejos (manejo de intensificación sustentable [MIS] y manejo de transición agroecológica [MTA]) diferenciados por el uso de fitosanitarios y las prácticas culturales. Se empleó un muestreo compuesto de suelo superficial. Los momentos de muestreo fueron luego de la supresión del Cultivo de Cobertura y a la madurez fisiológica de los cultivos de Trigo, Soja y Maíz. Se determinó el contenido de clorofila "a", expresado en miligramos por gramo de suelo seco, de acuerdo a Metting. Los datos se analizaron empleando el análisis de varianza para medidas repetidas en el tiempo. Al inicio del estudio, bajo Cultivo de Cobertura, se registró el menor valor de la variable en ambos manejos, sin presentar diferencias significativas ($p > 0,1$). En este muestreo, los valores promedios de clorofila "a" fueron de 10,8 mg gSS⁻¹ en MIS y 11,5 mg gSS⁻¹ en MTA. A lo largo de la secuencia, se encontró que los valores de la variable presentaron diferencias entre los cultivos y entre los manejos analizados. En general, los manejos MIS y MTA, evidenciaron una tendencia similar en cuanto a las variaciones en el contenido del pigmento fotosintético, pero el manejo MIS tuvo menores valores que MTA en Maíz, Trigo y Soja. El cultivo con mayor valor de clorofila "a" fue Maíz para los dos manejos con 21,57 mg gSS⁻¹ y 27,8 mg gSS⁻¹ para MIS y MTA respectivamente, lo que evidenció la recuperación de la comunidad algal en relación al CC ($p \leq 0,0015$). En el cultivo de Trigo, se registró el descenso de los valores de la variable estudiada en relación a Maíz, aunque sin diferencias significativas. Los contenidos de clorofila "a" hallados en este cultivo fueron de 17,52 mg gSS⁻¹ y 22,12 mg gSS⁻¹ para MIS y MTA, respectivamente. Al final de la secuencia estudiada, en el cultivo de Soja, se observó un nuevo descenso de la clorofila "a" diferenciándose del M ($p < 0,04$), pero no de Trigo. Los valores hallados en Soja fueron de 14,4 mg gSS⁻¹ y 17,9 mg gSS⁻¹ para MIS y MTA, respectivamente. Estos resultados constituyen los primeros reportes de la biomasa autotrófica para un suelo Argiudol ácuico. Los valores de clorofila "a" hallados muestran a lo largo de secuencia de cultivos analizada, que la biomasa de la comunidad autotrófica responde no sólo a los sistemas de manejo sino también al cultivo empleado, observándose el efecto del manejo sobre la productividad primaria del suelo.

Palabras clave: algas eucariotas, cianobacterias, cultivos agrícolas.





MYCORRHIZAL FUNGI ARBUSCULAR IN SUGARCANE UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION SYSTEM

Santos, M.E.F.^{1*}, K.M.B. Matos², T.V. Dias¹

^{1*}Faculdade Evangélica de Goianésia;

²Faculdade Evangélica de Goianésia;

¹Faculdade Evangélica de Goianésia;

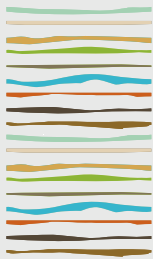
* Rua 10, n° 424 Setor Universitário, mariaeduardafsanos18@gmail.com

ABSTRACT

Organic production systems are increasingly gaining market share, however there are still few studies on their influence on the activity of soil microorganisms in sugarcane. Arbuscular mycorrhizal fungi are extremely sensitive to environmental changes, and their activity can be used as a parameter of comparison and quality between organic and conventional systems. The objective of this work was to evaluate mycorrhizal activity in different varieties of sugarcane under two production systems. The work was carried out in the commercial plantation of the Jalles Machado plant, in the municipality of Goianésia, in Goiás, Brazil. The values of spore density in the soil, mycorrhizal colonization rate in the roots and easily extractable glomalin were evaluated, in addition to the identification of the associated fungal species. There was no effect of sugarcane varieties on the number of spores and glomalin contents in the soil. The conventional system presented statistically lower values of mycorrhizal colonization rate compared to the organic system; The varieties cultivated under conventional planting system showed greater diversity of arbuscular mycorrhizal fungi where 12 of the 13 different species of mycorrhizal fungi found in both cultivation systems occur.

Keywords: Mycorrhizal Fungi Arbuscular, Sugar Cane





FOREST FIRES AND MYCORRHIZAL COLONIZATION RATE IN SOILS UNDER CERRADO VEGETATION

Santos, M.L.F.^{1,*}, M.E.F. Santos², L.B.M. Santos³

* Faculdade Evangélica de Goianésia;

² Faculdade Evangélica de Goianésia;

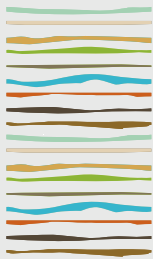
Rua 10, N°424, Setor Universitário, Goianésia-Go, marialuizafsanos80@gmail.com

ABSTRACT

The main tool used to expand to new areas in the Cerrado is fire. With triggered fires, and in many cases, criminal, new areas are intended for agricultural production. Uncontrolled fire causes loss of nutrients, soil compaction and erosion, degradation of the native biota. All this is more pronounced in the dry season of the year, where the low humidity amplifies the damages of an eventual burn. The objective of this work was to evaluate the influence of the burnings in the Chapada dos Veadeiros National Park on arbuscular mycorrhizal fungi in Cerrado soil. The work area belongs to the Chapada dos Veadeiros National Park, which suffered the largest fire in its history on October 10, 2017. The area affected was 66,000 hectares. Analyzes of spore density and mycorrhizal colonization rate were performed. Plants in burned areas have lower rates of mycorrhizal colonization than preserved areas. The mycorrhizal colonization was normalized in cerrado area after six months of the control of the flames, where the values of colonization approached the preserved areas. When comparing all types of cerrado in the areas under fire influence, it was possible to verify that Campo Limpo, Campo Sujo and Strictu Sensu present higher values of colonization rate, followed by Veredas, with Cerradão with the lowest values. The Cerrado of Campo Sujo, Strictu Sensu, and Veredas presented higher colonization rates than Cerradão and Campo Limpo. When checking the values of mycorrhizal colonization in the preserved and burned areas, all types presented higher colonization rates in the areas without burning than in the areas that suffered fire, except for the clean field type cerrado, which did not present statistical difference among the areas investigated

Keywords: Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Cerrado, Fire, Preserved áreas.





APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS A LA ESPECIE NATIVA (*SALVIA PROCURRENS*) CON FINES DE RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS

Sarti, G.C.^{1,4*}, A.E. Cristóbal-Miguez¹, S. Arreghini¹, J.A. Curá², M. Kaplanski³, R. Serafini¹, L. do Carmo¹, A. Paz-González⁴, E.B. Giardina³

¹ Cátedra de Química Inorgánica y Analítica. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. C1417DSE .Buenos Aires. Argentina.

*karibu@agro.uba.ar

² Cátedra de Bioquímica. Facultad de Agronomía. U.B.A;

³ Cátedra de Jardinería. Escuela de Floricultura y Jardinería "Juan O. Hall". Facultad de Agronomía. U.B.A;

⁴ Grupo AQUATERRA, Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas, CICA-UDC, Universidade da Coruña. Campus de Elviña 15071 A Coruña, España

RESUMEN

En Argentina, la especie vegetal *Salvia procurrens* es una planta nativa que, por su adaptación al ambiente, es utilizada en procesos de remediación especialmente en las márgenes degradadas de los ríos. Para potenciar su efecto, en este trabajo se propone coinocular esta especie vegetal con microorganismos benéficos capaces de promover el crecimiento vegetal (PGPR, Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Algunos de los mecanismos utilizados por estas PGPR se relacionan con su capacidad para actuar como "biofertilizantes" y "fitoestimuladores". En este trabajo se evaluó la capacidad de las cepas *Azospirillum brasilense* SP7 y *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* para producir reguladores del crecimiento y en el caso de *B. subtilis* cuantificar el número de esporas viables. Los reguladores del crecimiento producidos por *A. brasilense* fueron: ácido indol acético (AIA), 71ng mL⁻¹; citocininas Zt, 10ng mL⁻¹; Ztr 100ng mL⁻¹ y ácido abscísico (ABA), 8,1ng mL⁻¹, respectivamente. *B. subtilis* produjo: AIA, 96ng mL⁻¹; Zt, 23 ng mL⁻¹ y ABA, 33ng mL⁻¹. Aquellas plantas que recibieron el tratamiento de coinoculación mostraron una mayor biomasa aérea debido a que presentaron un número significativamente mayor de ramificaciones, de número de hojas y área foliar. Asimismo, sus hojas poseían los mayores contenidos de clorofila ($p < 0,05$). Además, bajo las condiciones de cultivo utilizadas para este ensayo, para el caso de *B. subtilis* se cuantificó un elevado número de esporas germinadas: $1,6 \times 10^5$ UFC mL⁻¹. La coinoculación demostró ser beneficiosa para potenciar el rápido desarrollo de esta planta de hojas acorazonadas y tallos rastreros, ideal como cubre suelos en zonas degradadas.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, restauración

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (ONUAA) establecen que "Restaurar los ecosistemas significa favorecer la recuperación de aquellos ecosistemas que hayan sido degradados o destruidos, así como conservar los que todavía siguen intactos". La restauración de las riberas degradadas de los ríos debe ser tomada en cuenta en el manejo de los recursos naturales por sus numerosos servicios ambientales.

Por su adaptación al ambiente, en los procesos de restauración son utilizadas especies nativas como *Salvia procurrens*, comúnmente llamada salvia rastrera, la misma ha sido empleada en trabajos de restauración de la ribera del Riachuelo (de Cabo y Marconi, 2021).



Por otra parte, cada vez toma más relevancia la incorporación de microorganismos con actividad promotora del crecimiento vegetal (PGPR, por su sigla en inglés *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) (Kloeppler, 1978), no sólo por sus efectos benéficos sobre la vegetación sino también como mejorador de las propiedades fisicoquímicas del suelo (Azeem et al, 2020). Los mecanismos utilizados por estas PGPR se relacionan con su capacidad para actuar como "biofertilizantes" a través de diversos procesos, como la Fijación Biológica del Nitrógeno entre otros. Todos estos mecanismos favorecen la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las especies vegetales.

Asimismo, algunos de ellos pueden actuar como "fitoestimuladores" a través de la producción de reguladores del crecimiento, entre ellos se destacan la producción de auxinas, giberelinas, citoquininas y ácido abscísico las cuales modifican la morfogénesis y la proliferación celular de los tejidos vegetales.

Bacillus es un género de interés, dado que presenta una amplia diversidad fisiológica que le permite estar presente en distintos hábitats, tanto terrestres como acuáticos. Este género es reconocido por su acción como biofertilizante, fitoestimulante y como agente de control biológico (Stein et al., 2005). *Bacillus subtilis*, dependiendo de las condiciones de cultivo, desarrolla estructuras de resistencia llamadas "esporas" las cuales pueden permanecer en estado de latencia largos períodos hasta que las condiciones ambientales sean adecuadas para su germinación. *Azospirillum* es otro género de interés cuyos miembros actúan como biofertilizantes, fundamentalmente por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (Mokula et al, 2021). Además, pueden producir fitoreguladores del tipo auxinas, giberelinas, citoquininas, óxido nítrico, etileno, ácido abscísico y cadaverina diamina (Cassán et al., 2020).

Los objetivos de este trabajo son: 1-Evaluar la capacidad de *Azospirillum brasilense* SP7 y *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* para producir reguladores del crecimiento y determinar la liberación de esporas por *Bacillus* bajo condiciones de cultivo definidas. 2- Evaluar el efecto promotor del crecimiento en la inoculación conjunta de ambas bacterias sobre la especie nativa *Salvia procurrens*, quien por sus atributos la posicionan como una especie adecuada en procesos de remediación de ambientes naturales degradados.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.Preparación de los inóculos bacterianos y el efluente

Bacillus subtilis subsp. *spizizenii* fue crecida en caldo nutritivo (Britania) a 30 °C en agitación a 150 rpm durante 72h obteniéndose una concentración de $2,4 \times 10^7$ UFC mL⁻¹. *Azospirillum brasilense* SP7 fue crecida en medio líquido NFB A 30 °C, en agitación a 150 rpm durante 72h obteniéndose una concentración de 1×10^5 UFC mL⁻¹.

Para el riego de las macetas se utilizó un efluente agropecuario simulado a partir de la mezcla de estiércol y agua en una concentración de 5 g L⁻¹ y tamizado por malla de 3mm. Las concentraciones de nutrientes en el efluente de riego fueron: 3,65 mg L⁻¹ N-NH₄⁺, 0,6 mg L⁻¹ N-NO₃⁻, 3,75 mg L⁻¹ P-PO₄³⁻, el pH fue 7,3 y la conductividad eléctrica 463µS cm⁻¹.

2. Cuantificación de reguladores del crecimiento vegetal y de esporas

Se realizó la determinación de la auxina ácido indol acético (AIA), las citocininas: zeatin (Zt) y zeatin ribósido (Ztr), ácido abscísico (ABA) por cromatografía líquida a partir de alícuotas microbianas preparadas según (1), las cuales fueron liofilizadas y posteriormente se siguió la técnica de Dobrev et al. (2002). Las áreas fueron leídas a una longitud de onda de 270 nm.

Para la cuantificación de esporas, a partir de una alícuota del inóculo de *Bacillus* preparado según 1, se siguió la técnica según Frioni (1990).

3. Inoculación de las plantas de *Salvia procurrens* y diseño experimental

Las plántulas fueron colocadas en bandejas de cultivo y rellenas con arena. Luego de 20 días, las mismas fueron trasplantadas a macetas de 2L, colocando una planta en cada maceta, con el mismo sustrato inorgánico. El ensayo se realizó en invernáculo, en la Escuela de Floricultura y Jardinería "Juan O. Hall" a una



temperatura media de 25°C. Se utilizaron 7 réplicas por cada tratamiento. Cinco días posteriores al trasplante (tiempo necesario para su aclimatación) se efectuaron las inoculaciones. Con jeringas estériles se tomaron 5ml de cada uno de los inóculos bacterianos y se aplicaron en la base del tallo de cada planta. Los testigos fueron inoculados con 10ml de agua destilada estéril.

Se realizaron 4 tratamientos: **(A)** Arena. **(AE)** Arena + Efluente. **(AB)** Arena + Bacterias. **(AEB)** Arena+Efluente+Bacterias. Los tratamientos que recibieron efluente, fueron regados alternando agua y efluente. El resto de los tratamientos fueron regados únicamente con agua.

4. Evaluación del crecimiento de plantas de *Salvia procurrens*

Luego de 120 días, en cada planta se midió la altura del tallo y el largo máximo de la raíz. Se contó el número de hojas por planta y se estimó el área foliar a través del software IMAGEJ para el análisis científico de imágenes. Para la cuantificación de la clorofila a, b y total se siguió la técnica de Inskeep et al. (1985). El contenido de clorofila fue informado en base húmeda (mg clorofila .g tejido fresco⁻¹). Las plantas enteras se llevaron a estufa a 70°C hasta peso constante, se separó la parte aérea y la raíz, y se pesaron en balanza analítica.

5. Análisis estadístico

Las variables de crecimiento vegetal fueron testeadas para homogeneidad de varianzas usando el test de Levene y examinadas por un ANOVA de un factor (tratamiento). Se realizaron comparaciones con el test de Tuckey cuando se hallaron diferencias significativas entre tratamientos. Se consideraron diferencias significativas cuando ($\alpha \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntesis de reguladores del crecimiento vegetal por *B. subtilis* y *A. brasilense*

La cepa de *A. brasilense* mostró no sólo ser productora de AIA sino también de citoquininas y ABA (Tabla 1), lo que aumentaría su espectro de actividad benéfica.

Tabla 1. Cuantificación de hormonas (ng mL⁻¹) de crecimiento en un cultivo de *B. subtilis* y *A. brasilense* SP7 crecidos durante 72h a 30°C

	AIA	Zt	Ztr	ABA
<i>B. subtilis</i>	96± 2,3	23± 1,2	nd	33± 1,1
<i>A. brasilense</i>	71± 3,1	10± 0,7	100± 3,3	8,1± 0,6

En *B. subtilis*, los valores de ABA fueron superiores a los hallados por Akhtyamova (2021) quienes reportaron 20 ng mL⁻¹ para este regulador. Además, Sajjad Mirza et al. (2001) mencionan que la producción de hormonas de crecimiento tales como el AIA puede variar notablemente entre especies diferentes y entre cepas de la misma especie.

Desarrollo de esporas en *B. subtilis*

En el inóculo bacteriano aplicado a *S. procurrens*, se encontró que el número de células viables fue de 2,4x10⁷ UFC mL⁻¹ y el número de esporas germinadas fue 1,6x10⁵ UFC mL⁻¹.

Uno de los estímulos que dan comienzo al proceso de esporulación se vincula a una elevada densidad de la población microbiana (Solomon et al., 1996). *B. subtilis*, luego de 72h bajo las condiciones de cultivo propuestos en este ensayo se encuentra en su fase estacionaria de crecimiento (dato no mostrado). Esto indica que la densidad de la población bacteriana es alta lo cual favorecería el proceso de esporulación. La presencia de esporas en un número elevado es un hecho de gran importancia al momento de la aplicación de un microorganismo con efecto promotor del crecimiento vegetal, debido a que esto podría considerarse una reserva de microorganismos que estarían en condiciones de germinar luego de aplicado el inoculante. La importancia de este hecho radica en asegurar la viabilidad del inóculo bacteriano a pesar de que existan condiciones ambientales no óptimas en el momento de la inoculación.



Efectos de la coinoculación de *B. subtilis* y *A. brasilense* en plantas de *S. procurrens*

Las asociaciones benéficas producidas entre plantas y microorganismos han sido objeto de numerosos estudios en cultivos y pasturas para consumo, enfocados a encontrar alternativas al uso de formulaciones de síntesis química. En este aspecto los géneros *Bacillus* y *Azospirillum* han sido utilizados como PGPR sobre numerosas especies vegetales destinadas al consumo (Sarti et al, 2019; Díaz-Zorita et al., 2015). Sin embargo, la aplicación de PGPR en plantas nativas es un campo todavía poco estudiado.

La coinoculación de plántulas de *S. procurrens* con *B. subtilis* y *A. brasilense* no produjo cambios significativos en el desarrollo radicular (Fig. 1A), y sólo se observó una tendencia al aumento en plantas sin inocular, que podría deberse a la necesidad de explorar una mayor superficie del terreno ya que el sustrato utilizado (arena) es pobre en nutrientes. Nuestros resultados se diferencian de lo propuesto por Arreola (2018), que atribuye el aumento en el desarrollo radical a la presencia de auxinas, como principal acción PGPR de algunas bacterias rizosféricas. Con respecto a la biomasa aérea, la coinoculación mostró un aumento significativo ($p < 0,05$), tanto en las plantas regadas sólo con agua o con efluente (Fig.1B).

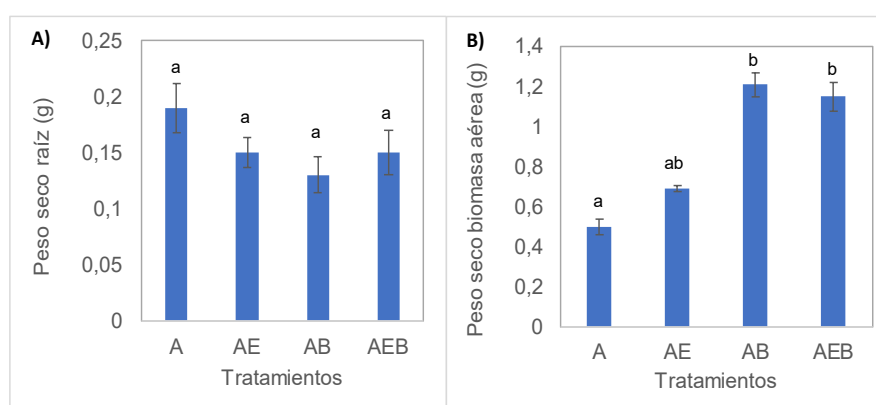


Figura 1. Crecimiento de *S. procurrens* en A) Biomasa radicular, B) Biomasa aérea, (media \pm D.E). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

La mayor biomasa aérea en las plantas que recibieron coinoculación fue debido al desarrollo de numerosas ramificaciones. En las plantas inoculadas se observó un tallo de mayor diámetro, mayor número de hojas y con mayor área foliar, aunque no se registró un aumento en la altura de la planta (Tabla 2). Esto podría vincularse con el hecho de que ambas bacterias son productoras de citocininas. Villanueva et al. (2013) y Martiñón-Martínez et al. (2017) demostraron que las citocininas inducen la formación de ramificaciones en *Ahlnpeltia plicata* (Hudson) Fries y *Jatropha curas* L., respectivamente.

Tabla 2. Características morfométricas de *S. procurrens* en los distintos tratamientos (media \pm D.E). Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

	Largo raíz (cm)	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Área foliar (cm ²)	Número de hojas
A	17,4 \pm 0,8 a	78 \pm 9 a	2,5 \pm 0,2 a	5,2 \pm 0,5 a	10 \pm 2 a
AE	16,5 \pm 1,7 a	90 \pm 12 a	3,0 \pm 0,1 ab	5,2 \pm 0,6 a	13 \pm 3 a
AB	14,7 \pm 1,5 a	114 \pm 10 a	3,1 \pm 0,2 b	6,5 \pm 0,4 b	22 \pm 4 b
AEB	17,3 \pm 1,2 a	91 \pm 14 a	3,0 \pm 0,1 ab	8 \pm 0,3 c	17 \pm 2 a

El efecto producido por las citoquininas podría estar relacionado con la división celular debido a que incrementa la síntesis de proteínas y actividad metabólica, afectando los procesos de diferenciación celular, lo que podría explicar el crecimiento de ramas laterales. Se ha observado la existencia de sinergismo o antago-



nismo entre auxinas y citocininas mostrando una intrincada red de señales clave en la organogénesis vegetal (Schaller *et al.*, 2015).

Cuantificación de clorofila

Existen varios tipos de clorofilas, siendo las más importantes la “clorofila a” y la “clorofila b”, cuya diferencia se centra en el grupo de carbono tres (C3); metilo(-CH₃) para clorofila “a” en el anillo II y aldehído (-CHO) para clorofila “b”. En las plantas inoculadas se observó un aumento significativo en la concentración de clorofila b, comparadas con las plantas de los restantes tratamientos ($p < 0,05$) (Fig. 2A).

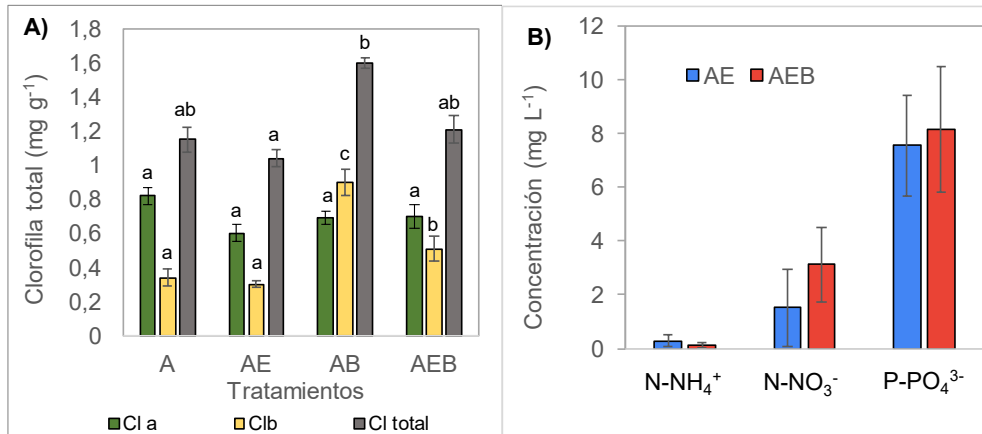


Figura 2. A) Contenido de clorofila a, b y clorofila total en hojas de *S. procurrens*. B) Concentración de amonio, nitrato y fosfato en el lixiviado de las macetas regadas con efluente. (Media \pm D.E.). Letras distintas indican diferencias entre tratamientos ($p < 0,05$).

El contenido de clorofila y tamaño de las hojas está fuerte y directamente relacionado con su concentración de nitrógeno. Sin embargo, la aplicación de efluente no incrementó la concentración de clorofila (Fig. 2A). Uno de los mayores beneficios aportados por el género *Azospirillum* se debe a su capacidad de ser bacterias de vida libre fijadoras de N (Fukami *et al.*, 2018). Debido a los múltiples mecanismos involucrados por las PGPR, Bashan y De-Bashan (2010) proponen la teoría de los mecanismos múltiples, en la cual no es posible identificar un solo modo de acción, sino la resultante de varios mecanismos que ocurren en forma simultánea o consecutivamente.

El lixiviado recogido de las macetas regadas con efluente mostró una disminución de la concentración de nitrógeno inorgánico (amonio + nitrato) respecto al efluente de riego sugiriendo una captación por las plantas (Fig. 2B). Por otra parte, se observó además un aumento en la concentración de nitrato y fosfato respecto al efluente de riego lo que estaría indicando la estimulación de proceso de nitrificación y de solubilización de fosfatos por las bacterias.

CONCLUSIONES

La coinoculación de *B. subtilis* subsp. *spizizenii* y *Azospirillum brasilense* SP7 favorecen el desarrollo de *S. procurrens*, lo cual potenciaría el beneficio de plantar esta especie nativa para la restauración de áreas degradadas.

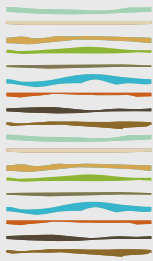
BIBLIOGRAFÍA

- Akhtyamova Z., Arkhipova T., Martynenko E., Nuzhnaya t., Kuzmina L., Kudoyarova G. & Veselov D. 2021. Growth-promoting effect of rhizobacterium (*Bacillus subtilis* IB22) in salt-stressed Barly depends on abscisic acid. *Int. journal of Molecular Science* 22(19):10680
- Arreola-Rivera J. 2018. Mecanismos moleculares de las auxinas involucrados en el desarrollo radicular durante la interacción *Arabidopsis-Azospirillum brasilense* Sp245. Tesis de Maestría. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3962
- Azeem S., Inayatullah Agha S., Jamil N., Tabassum B., Ahmed S., Raheem A., Jahan N., Ali N. & Khan A. 2022. Characterization and survival of broad-spectrum biocontrol agents against phytopathogenic fungi. *Rev. Arg.. Microbiol* S0325-7541(21):00102-4



- Bashan Y. & de-Bashan L.E. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth-a critical assessment. *Adv Agron* 108:77-136
- Cassán F., Coniglio A., López G., Molina R., Nievas S., de Carlan C.L.N., Donadio F., Torres D., Rosas S., Olivera Pedrosa F., de Souza E, Díaz Zorita M., de-Bashan L. & Mora V. 2020 Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biol Fertil Soils* 56:461-479
- De Cabo L., Marconi P., Perelman P., Santos Capra A., Escala A. & Coconier E.G. 2021. Restauración ecológica de las riveras del arroyo Morales (Cuenca Matanza-Riachuelo, municipio de Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina). *Bjaer* 4(1):1161-1169
- Díaz-Zorita M., Canigia M.V.F., Berger A. & Satorre E.H. 2015. Field evaluation of extensive crops inoculated with *Azospirillum* sp. In: *Handbook for Azospirillum*. Cham: Springer p.435-45
- Dobrev P.I. & Kaminek M. 2002. Fast and Efficient Separation of Cytokinins from Auxin and Abscisic Acid and Their Purification. *Extraction. Journal of Chromatography A* 950:21-29
- Froni, L. 1990. *Ecología Microbiana del Suelo*. Dpto. de Publicaciones y Ediciones de la Universidad de la República. Montevideo. Uruguay 7: 150
- Fukami J., Cerezini P. & Hungria M. 2018. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB express* 8:73
- Inskeep W. P. & Bloom P.R. 1985. Extinction coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-dimethylformamide and 80% acetone. *Plant physiology* 77(2):483-485
- Kloepper J. & Schroth M. 1978. Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In *Proceedings of the 4th Conference on Plant Pathogenic Bacteria, France, August 1978; France* 2:879-882.
- Martiñon Martínez A., Figueroa Brito R., Castro Bravo C., Acevedo J.L.L. & Jiménez D.A. 2017. Evaluación de biofertilizantes y enraizador hormonal en *Jatropha*. *Rev.Mex.Cienc.Agric.* 8 (2):143-152
- Mokula M., Charyulu P. B. B.N. 2021. Chapter 18 -*Azospirillum*- biofertilizer for sustainable cereal crop production: Current status, Editor(s): Buddolla Viswanath, *Recent Developments in Applied Microbiology and Biochemistry*, Academic Press 2:193-209
- Sajjad Mirza M., Ahmad W., Latif F., Haurat J., Bally R., Normand P. & Malik K. 2001. Isolation, partial characterization, and the effect of plant growth-promoting bacteria (PGPB) on micropropagated sugarcane in vitro. *Plant and soil* 237: 47-54
- Sarti G, Miguez Cristóbal J & Curá A (2019) Optimización de las condiciones de cultivo para el desarrollo de una biopelícula bacteriana y su aplicación como biofertilizante en *Solanum lycopersicum* L.var. Río grande. *Revista Protección Vegetal Cuba* 34: 2224-4697
- Schaller E., Bishopp A. & Kieber J. 2015 The Yin-Yang of Hormones: Cytokinin and Auxin Interactions in Plant Development. *The Plant Cell*, 27: 44–63
- Solomon, J. Lazazzera & B. Grossman A. 1996. Purification and characterization of an extracellular peptide affects developmental pathways in *B. subtilis*. *Genes Development* 10:2014-2024
- Stein T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Molecular Microbiology*, 56(4):845-857
- Villanueva F. Ávila A. Mansilla A. Abades S. & Cáceres J. 2013. Efecto de auxinas y citoquininas en el cultivo de *Ahnfeltia plicata* (Hudson) Fries. 1836 de la región de Magallanes. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 41(1):99-111





EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FUNCIONAL DE LA MACROFAUNA EDÁFICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL SUELO

Scaglione, J.^{1*}, S. Montico^{1,2}, G.A. Montero^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario;

² IICAR. CONICET;

* Campo Experimental Villarino S/N, (S2125) Zavalla, Prov. de Santa Fe, scaglionejosefina@gmail.com

RESUMEN

El estudio de la macrofauna edáfica en el contexto de la evaluación de la calidad del suelo implica potenciar su uso como indicador en diferentes situaciones de manejo, obteniendo información adecuada para explicar los cambios ocurridos. El objetivo de este trabajo fue determinar las variaciones anuales en la abundancia de grupos funcionales de macrofauna edáfica en secuencias rotacionales con distinto grado de intensificación, y estimar diferentes índices de calidad de suelo a partir de la información relevada. El estudio se llevó a cabo en un experimento instalado en la localidad de Zavalla (Santa Fe), en el cual se evaluaron tratamientos con y sin inclusión de cultivos de cobertura (CC) invernales de vicia y triticale como antecesores de maíz y soja, respectivamente. Los muestreos se realizaron al comienzo y al final de las secuencias y se determinó la abundancia de cinco grupos funcionales (detritívoros, herbívoros, predadores, parasitoides y hormigas). En el muestreo inicial se detectó mayor abundancia de hormigas que detritívoros en todos los tratamientos, lo cual generó valores bajos de las relaciones funcionales analizadas. Por el contrario, en el muestreo final se incrementó la abundancia de detritívoros en relación a los demás grupos y se observaron valores superiores de las relaciones. Además, en dicho muestreo se registraron respuestas diferenciales entre tratamientos con CC y bajo barbecho invernal, como así también entre las secuencias que incluyeron maíz y soja. En conclusión, el estudio de los grupos funcionales de macrofauna del suelo arrojó información sensible en el corto plazo y útil en la evaluación de las secuencias rotacionales propuestas.

Palabras clave: macrofauna edáfica, grupos funcionales, calidad del suelo

INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo se define en base a la capacidad del mismo de desarrollar adecuadamente sus funciones y, en relación con ello, de proveer servicios ecosistémicos (Bünemann *et al.*, 2018). Con el objetivo de impulsar cambios favorables en estos aspectos, surge la necesidad de diseñar sistemas de manejo sustentables que satisfagan los niveles de producción requeridos pero que, simultáneamente, hagan un uso eficiente de los recursos y mantengan un equilibrio con el ambiente (Doran & Zeiss, 2000). En este contexto, la evaluación de una determinada práctica de manejo requiere, indefectiblemente, contar con información derivada de indicadores que den idea del funcionamiento del suelo en un período dado (Astier Calderón, 2002). En la búsqueda y selección de indicadores de calidad edáfica, se ha destacado la utilidad de los de naturaleza biológica ya que permiten detectar con mayor sensibilidad los cambios en el funcionamiento del suelo en respuesta al manejo o las condiciones ambientales (Videla & Picone, 2017). En particular, los artrópodos resultan relevantes como instrumentos de diagnóstico debido a que representan un componente importante del suelo en lo que refiere al mantenimiento de la calidad y salud del mismo (Menta & Remelli, 2020) ya que están directamente involucrados en numerosos procesos que definen la habilidad del suelo de proveer servicios ecosistémicos (Ruiz *et al.*, 2011).



En base a la evidencia disponible, en esquemas agrícolas recurrentes del sur de Santa Fe, resulta escasa la información derivada del uso de indicadores vinculados a la macrofauna del suelo que, a su vez, sean relativamente fáciles de estimar. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar, en el término de un año, la composición trófica de las comunidades de macrofauna edáfica en secuencias rotacionales con y sin inclusión de CC, y aplicar diferentes relaciones funcionales entre grupos tróficos como medida de la calidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante la campaña 2020/2021 en un experimento instalado en el Campo Experimental Villarino (Zavalla, Santa Fe). El mismo presentó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y los tratamientos evaluados fueron los siguientes: barbecho-maíz (*Zea mays*) (Bar-Mz); CC vicia (*Vicia villosa*)-maíz (Vic-Mz); barbecho-soja (*Glycine max*) (Bar-Sj); CC triticales (*x Triticosecale*)-soja (Tri-Sj). Los muestreos se realizaron al comienzo de las secuencias (previo a la siembra de los CC) (muestreo inicial) y luego de la cosecha de los cultivos estivales (muestreo final).

En cada parcela (20 m x 20 m) se definió un cuadrado de 6 m de lado en cuyos vértices se extrajeron las correspondientes muestras. Estas consistieron en monolitos de suelo de 20 cm de lado por 20 cm de profundidad en los cuales se separaron manualmente los organismos presentes (*hand-sorting*) (Anderson & Ingram, 1993). Los mismos fueron determinados hasta el nivel de familia y asignados dentro de los siguientes grupos funcionales, definidos según el criterio trófico (Swift *et al.*, 2012): detritívoros (DET), herbívoros (HER), predadores (PRE), parasitoides (PAR) y hormigas (HOR). Se contabilizó la abundancia de organismos de cada grupo funcional mediante conteo manual, y se evaluaron las diferencias entre tratamientos en cada muestreo mediante Modelos Lineales Generalizados Mixtos. En el caso de los PAR, debido a su baja abundancia, se los analizó en conjunto con los PRE (PRE+PAR). Los cálculos se efectuaron mediante la interfaz de R incluida en el *software* InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Con la información disponible se obtuvo el cociente entre la abundancia de organismos DET y los restantes grupos funcionales (HER, PRE+PAR y HOR) (1) y la relación entre la abundancia de lombrices (LOM) y HOR (2) (Cabrera Dávila *et al.*, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 1 y 2 se presenta el análisis de los grupos funcionales evaluados en los distintos tratamientos y muestreos. En el muestreo inicial, dado que todos los tratamientos se instalaron sobre las mismas condiciones de manejo, se verificó ausencia de diferencias significativas en la mayoría de los grupos funcionales. En este sentido, durante los diez años previos a la instalación del experimento, el lote se encontró bajo siembra directa con predominio del cultivo de soja, habiéndose realizado monocultivo desde el año 2010 al 2017 y trigo/soja desde el 2017 al 2020. No obstante, en dicho muestreo se registró una abundancia significativamente superior de HOR en el tratamiento Vic-Mz, lo cual posiblemente responde a la variabilidad espacial propia de este grupo debido a su naturaleza gregaria (Bedano & Domínguez, 2017). En el muestreo final la mayor abundancia correspondió a los DET, mientras que las HOR mostraron los valores más bajos en los tratamientos que incluyeron CC. Por su parte, si bien los valores promedio fueron diferentes, los grupos DET, HER y PRE+PAR registraron tendencias similares entre tratamientos con y sin inclusión de CC, siendo que Vic-Mz presentó mayor abundancia que Bar-Mz, mientras que Tri-Sj mostró menor abundancia que Bar-Sj.



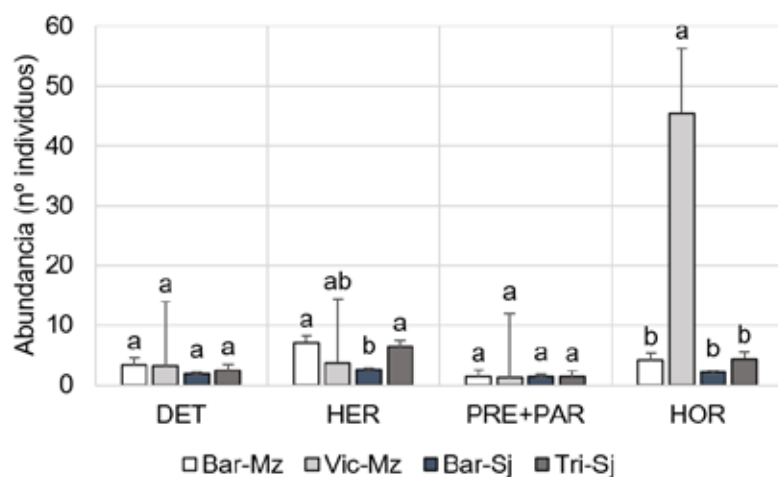


Figura 1. Abundancia promedio y desvío estándar de grupos funcionales de macrofauna en diferentes tratamientos en el muestreo inicial. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en cada grupo trófico ($p < 0,05$).

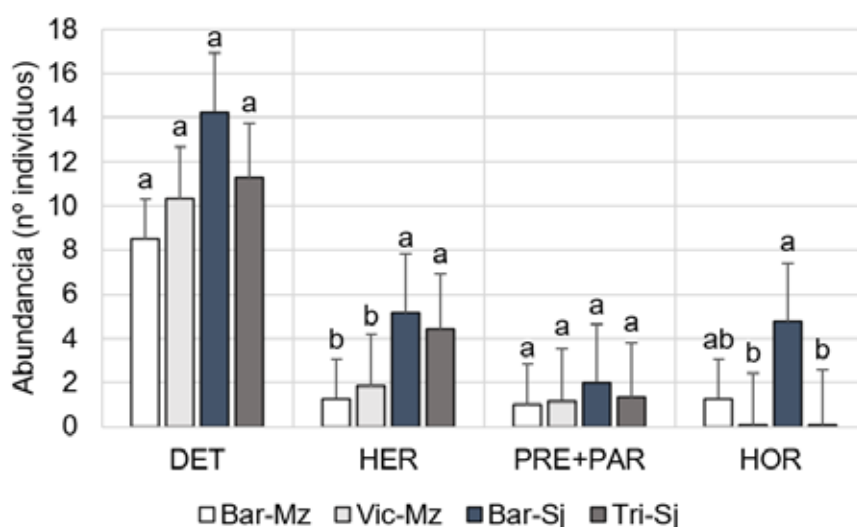


Figura 2. Abundancia promedio y desvío estándar de grupos funcionales de macrofauna en diferentes tratamientos en el muestreo final. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en cada grupo trófico ($p < 0,05$).

Las relaciones entre grupos funcionales (Tabla 1) permiten evaluar la calidad del suelo en función de los tipos de organismos presentes y su abundancia (Morel & Ortiz Acosta, 2022). La predominancia de DET en relación con los demás grupos refleja una elevada calidad edáfica ya que, al habitar entre los residuos superficiales o en los primeros centímetros del suelo, estos organismos resultan particularmente sensibles a las perturbaciones del medio, tales como, los cambios bruscos de temperatura o humedad y las variaciones en la disponibilidad de materiales orgánicos que funcionan como recursos alimenticios (Cabrera, 2012). Por lo tanto, las alteraciones en la presencia de estos organismos en el suelo conllevan al detenimiento de procesos ecológicos claves, como son la descomposición y humificación de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes, con la consecuente degradación de ciertas propiedades edáficas (Nogueira-Cardoso *et al.*, 2013). Dentro de los DET, las LOM cobran especial importancia como indicadores biológicos de calidad del suelo ya que manifiestan cambios en su composición y abundancia en el corto plazo (Chocobar, 2010). Por su parte, las HOR han sido reportadas como indicadores de perturbación ambiental en diversos casos (Schmidt *et al.*, 2013) porque, debido a su alta diversidad, abundancia y hábitos generalistas, ocupan una gran variedad de

nichos y disponen de un amplio rango de recursos alimenticios lo cual les permite competir y sobrevivir con mayor éxito en relación con otros organismos del suelo (Chantásig-Vaca *et al.*, 2011).

En base a los antecedentes presentados, fue destacable que, en el muestreo inicial, todos los tratamientos registraron valores inferiores a la unidad en ambas relaciones funcionales. Esto reflejó una menor abundancia de DET (y LOM) en relación a los restantes grupos y se vinculó con la degradación edáfica asociada a la historia de uso del lote. Por el contrario, en el muestreo final todos los tratamientos presentaron valores superiores a uno, destacando, además, que aquellos que incluyeron CC adoptaron mayor valor de las relaciones funcionales que los de barbecho. En la relación (1), Vic-Mz presentó mayor valor que Tri-Sj, mientras que ocurrió lo opuesto en la relación (2). Al contrastar Bar-Mz y Bar-Sj, se observó que la primera secuencia arrojó valores superiores en ambas relaciones funcionales que la segunda. Estos resultados se vincularon con varios efectos inducidos por los CC dentro de las secuencias rotacionales. Los CC, en contraste con el barbecho, incrementan el aporte de materiales orgánicos en la rotación (Restovich & Andriulo, 2013; Duval *et al.*, 2016) y, por lo tanto, mantienen la cobertura del suelo en el período invernal y durante parte del ciclo de los cultivos estivales. El efecto protector de la cobertura resulta de importancia en lo que refiere a la presencia de DET ya que regula la temperatura del suelo y reduce las pérdidas de agua a nivel superficial (Edwards & Lofty, 1975; Fox *et al.*, 1999). Además, es destacable el efecto de las raíces de los CC en la mejora de la condición estructural del suelo (Fiorini *et al.*, 2018), lo cual favorecería el establecimiento de determinados grupos de organismos, tales como las lombrices, que muestran preferencia por ambientes con mayor contenido de humedad y bajo nivel de compactación (Cabrera, 2012). Por su parte, el valor superior de la relación (1) en el tratamiento Vic-Mz en comparación con Tri-Sj en el muestreo final, también reflejó cambios a corto plazo en variables edáficas asociados al CC de vicia (Scaglione *et al.*, 2020) que redundaron en mayor abundancia de DET. Asimismo, los valores de la relación (2) correspondientes a dichos tratamientos exhibieron una clara predominancia de las LOM sobre las HOR.

Tabla 1. Abundancia de grupos tróficos (nº de organismos) y valores de las relaciones funcionales según tratamientos y muestreos.

Muestreo	Tratamiento	Grupos tróficos					Relaciones funcionales	
		DET	LOM	HER	HOR	P+P	(1)	(2)
Inicial	Bar-Mz	37	19	78	45	15	0.27	0.42
	Vic-Mz	38	12	45	546	14	0.06	0.02
	Bar-Sj	21	12	29	23	16	0.31	0.52
	Tri-Sj	29	12	77	52	16	0.20	0.23
Final	Bar-Mz	102	85	15	15	12	2.43	5.67
	Vic-Mz	124	102	22	1	14	3.35	102.00
	Bar-Sj	171	145	62	57	24	1.20	2.54
	Tri-Sj	135	119	53	1	16	1.93	119.00

CONCLUSIONES

Los grupos funcionales analizados, al igual que las relaciones entre ellos, reflejaron diferencias inducidas por la configuración de las secuencias rotacionales y se constituyeron como indicadores biológicos sensibles en el corto plazo. En particular, existieron cambios favorables en la abundancia de DET y LOM debido a la inclusión de CC, lo cual redundó en un incremento de la calidad del suelo.

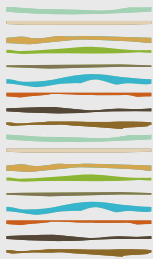
BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, JM & JSI Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. 2nd ed. CAB International.
- Astier Calderón, M; M Maass Moreno & J Etchevers Barra. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36(5):605-620.



- Bedano, JC & A Domínguez. 2017. Biología del suelo: meso y macrofauna. En: DJ Santos; MG Wilson & MM Ostinelli (eds.). Metodología de muestreo de suelo y ensayos a campo. Protocolos básicos comunes. 2a ed. Pp. 122-138. Ediciones INTA. Entre Ríos.
- Bünemann, EK; G Bongiorno; Z Bai; RE Creamer; G De Deyn; R de Goede; L Fleskens; V Geissen; TW Kuyper; P Mäder; M Pulleman; W Sukkel; JW van Groenigen & L Brusaard. 2018. Soil quality. A critical review. *Soil Biol Biochem* 120:105-125.
- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. *Pastos y Forrajes* 35(4):349-364.
- Cabrera Dávila, G; AA Socarrás; G Hernández; D Ponce de León; YI Menéndez & JA Sánchez. 2017. Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra en Cuba. *Pastos y Forrajes* 40:118-126.
- Chanatásig-Vaca, CI; E Huerta; P Rojas; A Ponce-Mendoza; J Mendoza; A Morón; H van der Wal & BB Dzib-Castillo. 2011. Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. *Acta Zool Mex* 27:441-461.
- Di Rienzo JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2020. InfoStat, versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Doran, JW & MR Zeiss. 2000. Soil quality response to long term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol. *Appl Soil Ecol* 15:3-11.
- Duval, ME; JA Galantini; JE Capurro & JM Martínez. 2016. Winter cover crops in soybean monoculture: effects on soil organic carbon and its fractions. *Soil Till Res* 161:95-105.
- Edwards, CA & JR Lofty. 1975. The influence of cultivations on soil animal populations. En: J Vanek (ed.). *Progress in soil zoology*. Pp. 399-406. Academia Publishing House.
- Fiorini, A; R Boselli; S Amaducci & V Tabaglio. 2018. Effects of no-till on root architecture and root-soil interactions in a three-year crop rotation. *Eur J Agron* 99:156-166.
- Fox, CA; EJA Fonseca; JJ Miller & AD Tomlin. 1999. The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till and conventional continuous corn in a clay loam soil. *Appl Soil Ecol* 13:1-8.
- Menta, C & S Remelli. 2020. Soil health and arthropods: from complex system to worthwhile investigation. *Insects* 11:54.
- Nogueira-Cardoso, EJB; RL Figueiredo; D Bini; MY Horta; C Alcantara; PR Lopes; A Monteiro; A Shigueyoshi; J de Moraes & MA Nogueira. 2013. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health?. *Sci Agr* 70:274-289.
- Restovich, S & A Andriulo. 2013. Cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. En: C Álvarez; A Quiroga; D Santos & M Bodrero (eds.). *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. 1a ed. Pp. 29-35. Ediciones INTA. La Pampa.
- Ruiz, N; J Mathieu; L Célini; C Rollard; G Hommay; E Iorio & P Lavelle. 2011. IBQS: A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. *Soil Biol Biochem* 43:2032-2045.
- Scaglione, J; S Montico; G Montero & JA Berardi. 2020. Cambios en la calidad física y cultural del suelo asociados a la inclusión de cultivos de cobertura en una secuencia rotacional. *Agromensajes* 58:33-36.
- Schmidt, FA; CR Ribas & JH Schoederer. 2013. How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications for their use as bioindicators. *Ecol Indic* 24:158-166.
- Swift, MJ; DE Bignell; FMS Moreira & EJ Husing. 2012. El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. En: FMS Moreira; EJ Husing & DE Bignell (eds.). *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. 1a ed. Pp. 29-52. Instituto Nacional de Ecología de México.
- Videla, C & L Picone. 2017. Indicadores biológicos de calidad de suelo. En: MG Wilson (ed.). *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina*. 1a ed. Pp. 83-88. Ediciones INTA. Entre Ríos.





ACTIVIDAD ENZIMÁTICA COMO INDICADOR DE CALIDAD DE SUELOS BAJO HUERTAS DE LA PROVINCIA DEL CHACO

Schahovskoy, N.C.^{1,2}, L. Gabbarini^{2,3}, J.M. Rojas¹, M.G. Wilson⁵, D.M. Toledo⁴

¹ INTA EEA Sáenz Peña RN 95, Km 1108.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas;

³ Universidad Nacional de Quilmes.

⁴ Cátedra de Edafología-Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste.

⁵ INTA EEA Paraná. Schahovskoy.nara@inta.gob.ar

RESUMEN

Las propiedades del suelo basadas en actividades biológicas y bioquímicas, como la actividad de las enzimas del suelo, responden a pequeños cambios en las condiciones ambientales, proporcionando así información sensible a alteraciones sutiles. El objetivo de este trabajo fue proveer información sobre la actividad de algunas enzimas del suelo, asociadas al ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre y evaluar su empleo como indicadores de calidad de suelos (ICS), comparando los suelos de huertas de Chaco. Para ello, se seleccionaron siete huertas bajo manejo convencional (CO) y siete bajo manejos agroecológicos (AE). Se analizó carbono total (COT) por y se determinaron Cellobiohidrolasa (CEL), Fosfomonoesterasa (PME), N-acetil- β -glucosaminidasa (NAG), Arisulfatasa (ARI), Glucosidasa (Gluc), β -glucosidasa (Bglu), Xilosidasa (Xil), α -glucosidasa (aGlu), Acetylesterasa (ACE) y Leucina-aminopeptidasa (LEU). Con los datos obtenidos se realizó un análisis univariado, y posteriormente un análisis multivariado por medio de componentes principales (ACP) para evaluar si las actividades enzimáticas agrupaban huertas por su manejo. Las actividades de CEL, PME, Gluc, NAG y ACE, presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos en la primera profundidad; en tanto que Bglu y aGlu lo hicieron para la segunda profundidad, siendo mayor la actividad en los suelos bajo manejo AE para las dos profundidades. Las huertas agroecológicas presentaron mayor actividad enzimática que las convencionales, esto se atribuyó, por un lado, a que el uso de agroquímicos en las huertas CO afecta a los microorganismos que viven en el suelo (productores de enzimas extracelulares), disminuyendo la actividad enzimática y por otro a los mayores contenidos de carbono orgánico encontrados en huertas AE.

Palabras clave: Horticultura, Agricultura familiar, Indicadores biológicos

INTRODUCCION

Los indicadores de calidad de suelo (ICS) se conciben como una herramienta de evaluación que debe ofrecer información sobre el estado y los cambios en las propiedades y funciones del suelo. Su determinación y monitoreo permiten dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un período dado (Astier et al., 2002). Se ha demostrado que las propiedades del suelo basadas en actividades biológicas y bioquímicas, como la actividad de las enzimas del suelo, responden a pequeños cambios en las condiciones, proporcionando así información sensible a alteraciones sutiles de la calidad (Pascual et al., 2000). Las enzimas desempeñan un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes (Maurya et al., 2011), y pueden ser utilizadas como ICS (Sinsabaugh et al., 2008; Toledo et al., 2010). Diferentes estudios han informado variaciones en las actividades de las enzimas del suelo inducidas por la conversión del uso de la tierra; la magnitud del cambio difiere significativamente según el tipo de comunidad vegetal, la escala del análisis temporal y espacial, el clima y las condiciones ambientales del suelo (Zhang



et al., 2019). El objetivo de este trabajo fue proveer información sobre la actividad de algunas enzimas del suelo, asociadas al ciclo del carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) y evaluar su empleo como ICS, comparando los suelos de huertas convencionales y agroecológicas del Chaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la provincia del Chaco, se seleccionaron 14 huertas de los departamentos Comandante Fernández, Gral. Güemes y Sargento Cabral, 7 de ellas bajo manejo convencional (CO) y 7 bajo manejo agroecológico (AE). El primer grupo se caracterizó por la labranza intensiva (maquinaria compleja y eficaz para labrar, tratar los cultivos y recolectarlos), el abastecimiento controlado de agua, fertilización mineral y plaguicidas químicos (Gliessman.,2002; Altieri.,1999); y el segundo por no aplicar pesticidas de síntesis química y utilizar en cambio preparados caseros dentro del establecimiento para el control de plagas, como el uso de flores que atraen insectos benéficos, polinizadores, corredores, alternancia de especies, asociación de cultivos, rotación de cultivos que rompe los ciclos de vida de las plagas (Gliessman, 2002). Los suelos fueron clasificados como Antrosoles, suelos formados o profundamente modificados por actividades humanas, tales como la adición de materiales orgánicos, desechos de construcciones, remociones profundas de los perfiles edáficos, ciertos tipos de irrigación a cultivos, etc. (WRB.,2015). Se realizó un muestreo aleatorio, recorriendo el lote en diagonal tomando una muestra compuesta por 5 submuestras, a dos profundidades: 0-0,05 m y 0,05-0,20 m. En los análisis de carbono orgánico total (COT), determinado por Walkley y Black escala semi micro (Norma IRAM-SAGPyA 29571-2. Las actividades enzimáticas fueron analizadas mediante el método fluorométrico en microplacas de poliestireno negro de 96 pocillos y 300 mL. Se determinaron Cellobiohidrolasa (CEL), Fosfomonoesterasa (PME), N-acetil- β -glucosaminidasa (NAG), Arisulfatasa (ARI), Glucosidasa (Gluc), β -glucosidasa (Bglu), Xilosidasa (Xil), α -glucosidasa (aGlu), Acetylesterasa (ACE) y Leucina-aminopeptidasa (LEU), que son enzimas implicadas en los ciclos del carbono, azufre, fósforo y nitrógeno. Las mismas se calcularon según DeForest (2009) y se expresaron en $\text{nmol h}^{-1}\text{g}^{-1}$. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis inferencial univariado (ANAVA), utilizando el Test LSD para comparar medias ($P < 0,05$), de manera de poder observar diferencias significativas entre ambos tipos de manejo. También se realizó un análisis multivariado, aplicando análisis de componentes principales (ACP) para evaluar si las actividades enzimáticas agrupaban huertas. Los datos fueron procesados mediante el Software R y el programa estadístico Infostat 2016 (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTADOS Y DISCUSION

El manejo del suelo y el uso de agroquímicos, afectan las actividades de las enzimas del suelo (Attademo et al, 2021; Alvear et al., 2006; Bécma, 2012). Las actividades de CEL, PME, Gluc, NAG y ACE, presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos en la primera profundidad; en tanto que Bgluc y aGlu en la segunda profundidad, siendo mayor la actividad en los suelos bajo manejo AE para las dos profundidades (Tabla 1). Tejada et al. (2009), plantearon que herbicidas, tales como el glifosato pueden inhibir de cierta manera la actividad de la enzima Bgluc, coincidente con lo hallado en este trabajo donde la mayor actividad de Bgluc correspondió a huertas que no recibieron aplicación de glifosato (AE). Asimismo, autores como Dalurzo et al., 2005; Toledo et al., 2010; Bécma et al., 2012; Błońska et al., 2017, observaron que el contenido de materia orgánica favorece a las actividades enzimáticas del suelo, y en nuestro estudio, aunque no se presentaron diferencias significativas, el contenido de carbono orgánico total fue mayor en las huertas AE (1,96 %) respecto de CO (1,76 %), lo que podría haber contribuido a favorecer la mayor actividad enzimática encontrada en los suelos bajo AE. El valor promedio para las huertas AE en la profundidad de 0-0,05 m fue de 2,13%, y de 0,05- 0,2 de 1,80%; y en las huertas CO fue de 1,97% en la primera profundidad y de 1,66% en la segunda.



Tabla 1: Resultados de análisis de varianza y Prueba LSD ($P < 0,05$) para las enzimas evaluadas para las profundidades comprendidas entre 0-0,05 m (prof 1); 0,05 -0,20 m (prof 2) en las huertas AE y CO. Medias, coeficiente de la varianza (CV) y valor de la probabilidad (P-valor).

	profundidad	AE	CO	CV	P-valor
Celobiohidrolasa	1	2491,57a	1031,43b	45,51	<0,0001
	2	1248,29a	879,86a	41,71	0,1295
Fosfomonoesterasa	1	1113,29a	840,57b	26,83	0,0463
	2	511,7a1	878a	63,62	0,1249
β -glucosidasa	1	227,57a	205a	36,79	0,6156
	2	234,57a	87,57b	66,5	0,0043
Arisulfatasa	1	78,86a	67,29a	34,35	0,3442
	2	59,00a	36,86a	52,38	0,1123
Glucosidasa	1	651,57a	370,29b	51,07	0,0376
	2	663,43a	470,57a	38,93	0,1035
Xilosidasa	1	3482,29a	4951,43a	55,03	0,2205
	2	1816,14a	1437,86a	38,7	0,3256
α -glucosidasa	1	464,57a	383,57a	43,86	0,4373
	2	296,86a	125,29b	60,32	0,0054
n- acetilglucosidasa	1	680,14a	429,71b	38,21	0,0198
	2	772,71a	484,86b	46,69	0,0632
Leu-aminopeptidasa	1	297,14a	287,71a	62,48	0,9276
	2	375,29a	328,14a	53,31	0,6566
Acetylesterasa	1	1762a	703,14b	85,84	0,0301
	2	750,86a	435,86a	66,14	0,0969

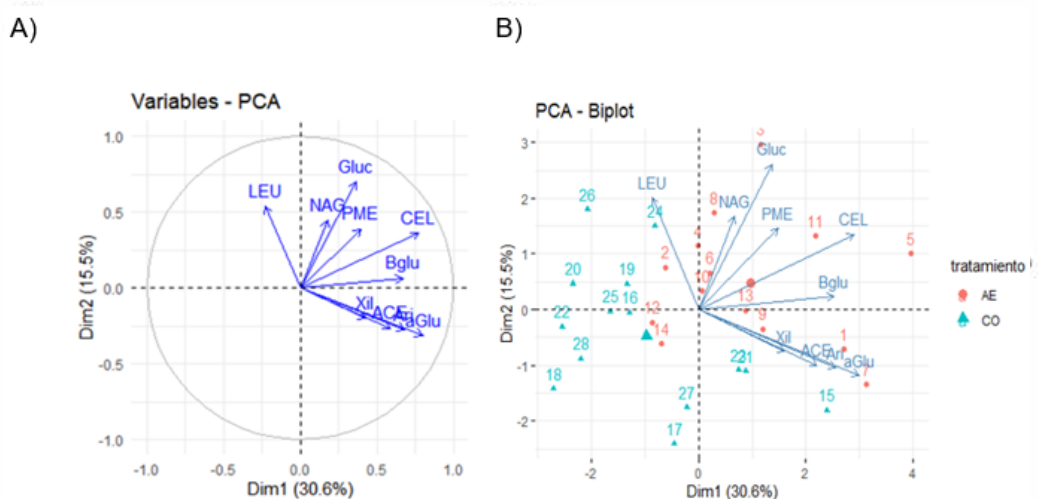


Figura 1 A): Correlaciones de la actividad de las diferentes enzimas evaluadas respecto a las componentes o dimensiones (Dim) 1 y 2.
Figura 1 B): Bi-plot correspondiente al ACP de actividades enzimáticas para las huertas AE (verde) y CO (rojo).



Además de la actividad individual de cada enzima, las actividades como grupo forman un perfil fisiológico del suelo (Gabbarini et al, 2021), que puede ser analizado de forma multivariada buscando similitudes entre ellas. Puede apreciarse que a través de este perfil las huertas se agrupan según el tipo de manejo empleado claramente en los dos grupos. Las dos primeras dimensiones del ACP explicaron el 46,73% de la varianza acumulada (Fig 1 A). La CP 1 se correlacionó positivamente con todas las actividades enzimáticas, a excepción de la LEU, con la que se correlacionó de forma negativa y la CP 2, se correlacionó positivamente con LEU, NAG, Gluc, PME, CEL y Bglu, y negativamente con ARI, Xil, aGlu y ACE. En el gráfico de bi-plot e individuos (Fig.1 B), se puede observar que los suelos de huertas se agruparon según el manejo AE (verde), y CO (rojo), y que las huertas AE se agruparon en el sentido de la mayor actividad enzimática.

CONCLUSIONES

Se estudiaron las actividades de 10 enzimas del suelo y las mismas variaron según el tipo de manejo aplicado en las huertas pudiendo distinguir huertas AE de CO, estos resultados sugieren que las enzimas pueden ser utilizadas como ICS.

Las huertas AE presentaron mayor actividad enzimática que las CO; esto se atribuyó, por un lado, a que el uso de agroquímicos en las huertas CO a los microorganismos que viven en el suelo (productores de enzimas extracelulares), disminuyendo la actividad de las enzimas y por otro a los mayores contenidos orgánicos encontrados en las AE.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo
- Alvear, M., Rosas, A., Rouanet, J. L., & Borine, F. (2006). Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil & Tillage Research*, 82, 195–202.
- Astier Calderon, M; M Mass Moreno & J Etchevers-Barra.(2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*. 36 (5):605-620.
- Attademo A.; J.C. Sánchez- Hernández; R.C. Lajmanovich ; M.R. Repetti · P.M. Peltzer. Enzyme Activities as Indicators of Soil Quality: Response to Intensive Soybean and Rice Crops (2021). *Water Air Soil Pollut* (2021) 232: 295
- Bácmaga M; E Boros; J Kucharski; J Wyszowska. (2012). Enzymatic activity in soil contaminated with the aurora 40 wg herbicide. *Environment Protection Engineering*. 38 (1) 91-102.
- Błońska, E., Kacprzyk, M., & Spólnik, A. (2017). Effect of deadwood of different tree species in various stages of decomposition on biochemical soil properties and carbon storage. *Ecological Research*, 32, 193–203..
- DeForest, J. L. (2009). The influence of time, storage temperature, and substrate age on potential soil enzyme activity in acidic forest soils using MUB-linked substrates and L-DOPA. *SoilBiology and Biochemistry*, 41(6), 1180-1186.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2013. InfoStat, Versión 2013. Grupo InfoStat. FCA, UNC, Córdoba, Argentina.
- Gabbarini L., E. Figuerola, J.P. Frene1, N.B. Robledo, F.M. Ibarbalz, D. Babin, K. Smalla, L.Erijman, L.G. Wall. (2021). *FEMS MicrobiologyEcology*, 97: 1-11.
- Gliessman, R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba. CR: CATIE.
- IRAM S., 2011. Norma IRAM- SAGPyA 29571-2:2011. Determinación de materia orgánica en suelos. Parte 2- Determinación de carbono orgánico oxidable por mezcla oxidante fuerte, escala semi-micro.
- Maurya, B. R., Singh, V., & Dhyani, P. P. (2011). Enzymatic activities and microbial population in agric soils of Almora District of Central Himalaya as influenced by altitudes. *International Journal of Soil Science*, 6, 238–248.
- Pascual, J.A., García, C., Hernández, M.T., Moreno, J.L., Ros, M., (2000). Soil microbial activity as a biomarkers of degradation and remediation processes. *Soil Biology & Biochemistry* 28, 1877-1883.
- Sinsabaugh, R. L., Lauber, C. L., Weintraub, M. N., Ahmed, B., Allison, S. D., Crenshaw, C., et al. (2008). Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale. *Ecological Letters*, 11, 1252–1264.
- Tejada, M. (2009). Evolution of soil biological properties after addition of glyphosate, diflufenican, and glyphosate plus diflufenican herbicides. *Chemosphere*, 76, 365–373.

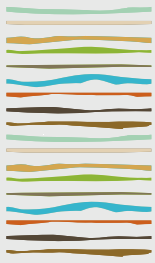


Toledo, D.M., H. Dalurzo y S. Vázquez. (2010). Fosfatasa ácida en oxisoles bajo cultivo de Tabaco. *Ciencia del Suelo (ARGENTINA)* 28(1): 33-38.

WRB, IUSS Working Group. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. p. 192

Zhang, Q., Feng, J., Wu, J. J., Zhang, D. D., Chen, Q., Li, Q. X., Long, C. Y., Feyissa, A., & Cheng, X. L. (2019). Variations in carbon-decomposition enzyme activities respond differently to land use change in Central China. *Land Degradation & Development*, 30(4): 459-469.





RESPUESTA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO AL USO DE EFLUENTE PORCINO Y FERTILIZACIÓN MINERAL

Serri, D.L.^{1,2*}, E.J. Campilongo Mancilla^{1,2}, N.L. Bernardi Lima³, V. Pegoraro^{1,4}, M. Quiroga², D. Mathier^{1,5}, M. Bragachini^{1,5}, N. Sosa^{1,5}, S. Vargas Gil^{1,2}.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria;

² Centro de Investigaciones Agropecuarias - Instituto de Patología Vegetal - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Unidad de Fitopatología y Modelización Agrícola;

³ Facultad de Ciencias Agrarias, UNCa;

⁴ Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez; ⁵ Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.

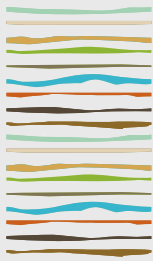
* Av. 11 de septiembre, (5020) Córdoba, Prov. de Córdoba, serri.dannae@inta.gob.ar.

RESUMEN

Las aplicaciones de efluente porcino son una fuente de nutrientes para los cultivos agrícolas, y pueden sustituir total o parcialmente la fertilización mineral. Sin embargo, con el uso agronómico de los mismos, se aporta también materia orgánica que puede modificar los indicadores de calidad de suelo. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de efluente porcino estabilizado y su combinación con fertilización nitrogenada, sobre propiedades microbiológicas del suelo. El ensayo se realizó en un lote de producción de la Estancia La Constancia, localidad de Villa de María de Río Seco. Los tratamientos fueron dos dosis de efluente porcino, 150 y 300 m³ ha⁻¹ (E150 y E300), su combinación con fertilización nitrogenada (urea: U) a razón de 100 kg N ha⁻¹ (E150+U y E300+U), un control mineral (U: 100 kg N ha⁻¹) y un control absoluto (C). Los respectivos tratamientos se aplicaron en presembrado del cultivo de maíz (campaña 2019/2020 y campaña 2021/2022) y de soja (campaña 2020/2021). Los muestreos de suelo se realizaron antes de la aplicación de los tratamientos y siembra de los cultivos, y después de la cosecha. El efluente porcino presentó en promedio las siguientes características físico-químicas: pH 7,97, CE 15,84 dS m⁻¹, sólidos totales 0,83 %, nitrógeno total 0,78 g l⁻¹, fósforo 75,32 mg l⁻¹, potasio 1,35 g l⁻¹, sodio 0,62 g l⁻¹, calcio 0,07 g l⁻¹ y magnesio 0,05 g l⁻¹. Para E150 y E300 se aplicó el primer año 16,5 y 33 kg N ha⁻¹; el segundo año 223,5 y 447 kg N ha⁻¹; y el tercer año 110,1 y 220,2 kg N ha⁻¹ respectivamente. Se evaluó en suelo la actividad microbiana enzimática global (FDA: hidrólisis del diacetato de fluoresceína), carbono de biomasa microbiana (CBM), respiración microbiana (RM) y coeficiente metabólico (qCO₂), cuyos resultados se presentan como el promedio de todos los muestreos. Se observó que, el uso de efluente porcino sólo o combinado con U, registró incrementos de la actividad microbiana edáfica medida por FDA, siendo la diferencia para E150 estadísticamente significativa y superior al resto de los tratamientos, mientras que, C y U registraron la menor actividad. Por ejemplo, en E150 la actividad FDA fue 22% superior respecto de C. El mayor contenido de CBM se registró en E300+U seguido de E300, aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a RM y qCO₂, los valores más altos se observaron en E150 y E150+U registrando diferencias significativas respecto de los demás tratamientos. En conclusión, se observó que la mayor actividad microbiana fue incentivada por la dosis de 150 m³ ha⁻¹ de efluente porcino.

Palabras clave: efluente porcino, actividad microbiana, suelo.





RESPUESTA DE VARIABLES MICROBIANAS Y QUÍMICAS DEL SUELO A LA APLICACIÓN DE EFLUENTE PORCINO

Serri, D.L.^{1,2*}, C. Pérez Brandan, E.J. Campilongo Mancilla^{1,2}, N.L. Bernardi Lima³, M. Quiroga², N. Sosa^{1,5}, S. Vargas Gil^{1,2}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria;

² Centro de Investigaciones Agropecuarias - Instituto de Patología Vegetal - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Unidad de Fitopatología y Modelización Agrícola;

³ Estación Experimental Agropecuaria Cerrillos,

⁴ Facultad de Ciencias Agrarias, UNCa; ⁵ Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.

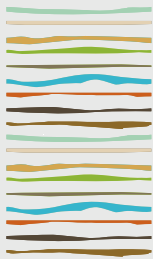
* Av. 11 de septiembre, (5020) Córdoba, Prov. de Córdoba, serri.dannae@inta.gob.ar

RESUMEN

Los residuos animales son una fuente de nutrientes con potencial para restablecer o mejorar la calidad de los suelos. Las aplicaciones pueden influir en el sistema biológico y, en consecuencia, afectar la fertilidad del suelo a largo plazo. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de efluente porcino sobre la diversidad microbiana edáfica y las variables químicas asociadas. Suelo de un lote con cultivo de maní se colocó en macetas (5 kg/maceta). El efluente fue caracterizado con la finalidad de evaluar su pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nutrientes. Los tratamientos fueron un testigo sin aplicación de enmienda (T) y dos dosis de efluente (15 y 30 l/m², E15 y E30 respectivamente). El ensayo se llevó a cabo en invernadero bajo condiciones controladas de humedad y temperatura. Se tomaron muestras de suelo a 40 días pos-siembra y a cosecha del cultivo para cuantificar carbono y nitrógeno de biomasa microbiana (CBM y NBM) y actividad microbiana enzimática global (FDA); cosechado el cultivo, se evaluó en suelo pH, CE, carbono orgánico de suelo (COS), nitrógeno total (N), fósforo extraíble (Pe) y en planta se evaluaron parámetros fisiológicos como peso fresco y seco de biomasa aérea (PF y PS). El efluente porcino presentó las siguientes características físico-químicas: pH 7,96, CE 16,66 dS m⁻¹, sólidos totales 0,90 %, N 0,80 g l⁻¹, fósforo 74,98 mg l⁻¹, potasio 1,92 g l⁻¹, sodio 0,08 g l⁻¹, calcio 0,07 g l⁻¹ y magnesio 0,50 g l⁻¹. Para las variables en estudio se destaca que la aplicación de efluente porcino estimuló el crecimiento de la biomasa microbiana registrando incrementos de CBM y NBM a los 40 días pos aplicación, sin diferencias significativas entre tratamientos. Mientras que, la actividad enzimática del suelo (FDA) fue superior al momento de cosecha del cultivo de maní, con una diferencia significativa y superior para el tratamiento E15. Para las variables químicas, se observó un incremento de la CE y el contenido de Pe en el suelo, siendo las diferencias significativas en el siguiente orden E30 > E15 > T. En cuanto al peso de la biomasa aérea, el cultivo de maní no mostro diferencias entre los tratamientos. En conclusión, se destaca que la incorporación de efluente porcino estabilizado modificó el ambiente edáfico promoviendo en principio un crecimiento de la microbiota y posteriormente un incremento en la actividad microbiana, aunque no se registraron variaciones en los contenidos de COS y N.

Palabras clave: efluente, biomasa microbiana, actividad enzimática.





REEMPLAZO DE ARBUSTALES POR PASTURAS: IMPACTO EN LA MATERIA ORGÁNICA Y GLOMALINAS DEL SUELO

Silberman, J.E.^{1*}, R.A. Suarez¹, A.L. Anriquez¹

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Santiago del Estero;

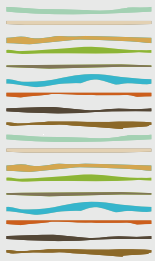
* Ruta Nac. N° 9, km 1125, (4200) El Zanjón, Prov. Santiago del Estero, juan.silberman@gmail.com

RESUMEN

La invasión de leñosas arbustivas en detrimento de los pastos es un fenómeno común a la Región Chaqueña y otros pastizales áridos y semiáridos del mundo. Para enfrentar esta problemática diversos autores sugieren la remoción, reducción o manipulación de plantas no herbáceas. Una alternativa es el control químico mediante herbicidas, aunque esta tecnología no sería accesible a todo el sector productivo por cuestiones económicas. Otra alternativa sería el control mecánico mediante rolado y posterior clausura para estimular el crecimiento de las forrajeras herbáceas nativas. Aunque la clausura en la mayoría de los casos no es suficiente para incrementar la productividad de las herbáceas nativas porque el banco de semillas es insuficiente. En este contexto la mejor alternativa sería la combinación de tratamientos mecánicos con siembra de megatérmicas con altas tasa de crecimiento adaptadas a la región Chaco como los géneros *Megathyrus* y *Cenchrus*. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la transformación de arbustales en pasturas nativas e implantadas sobre la materia orgánica y glomalinas del suelo. El estudio se realizó en la EEA INTA Santiago del Estero (28°3'S - 64°15'O) con suelo Haplustol típico y clima semiárido. Los tratamientos fueron: 1)- *Arbustal* (comunidad vegetal lignificada producto del sobre pastoreo, 30 años sin intervención humana); 2)- *Pasturas naturales* (regeneración de pasturas naturales mediante rolado + fuego + clausura); 3)- *Megathyrus maximus* (Ídem tratamiento anterior + siembra de *Megathyrus maximus*; 4)- *Cenchrus ciliaris* (Ídem tratamiento anterior + siembra de *Cenchrus ciliaris*). El muestro de suelo se realizó en marzo de 2022 a una profundidad de 0-15 cm. Se determinó carbono orgánico total (COT) (Walkley Black), carbono orgánico particulado (COP) (tamizado en húmedo), glomalina total (GT) y fácilmente extraíble (GFE), las cuales fueron extraídas con citrato de sodio a 121°C y cuantificadas por espectrofotometría (Bradford). Las pasturas naturales y *Megathyrus maximus* presentaron valores significativamente mayores (~25-30%) de carbono orgánico total respecto del arbustal y *Cenchrus ciliaris*. Este incremento se atribuye a un aumento en la fracción particulada que representó el 50% de la materia orgánica del suelo. Todos los tratamientos superaron al control en contenido de glomalina total (~40%) mientras que en GFE no se registraron diferencias significativas. Con base en los resultados se concluye que la combinación de tratamientos mecánicos, fuego, clausura y/o implantación de *Megathyrus maximus* se traducen en mejoras de calidad del suelo en término de materia orgánica y glomalinas del suelo.

Palabras clave: Región Chaqueña, *Megathyrus maximus*, *Cenchrus ciliaris*





EFFECTO A CORTO PLAZO DE ABONOS VERDES EN VARIABLES BIOLÓGICAS DE UN SUELO HORTÍCOLA

Sotelo C.E.¹, G.L. Pérez¹, S. Carnicer¹, J. Galloso¹, M. E. Castelan¹

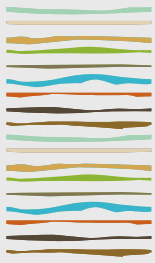
¹ Instituto Agrotécnico - FCA - Universidad Nacional del Nordeste
Av. Las Heras 727, Resistencia, Chaco. Correo electrónico: institutoagrotecnicounne@hotmail.com

RESUMEN

Los abonos verdes son de interés en la agricultura debido a que promueven la sostenibilidad y calidad de los ecosistemas al mejorar el balance de carbono, atenuar las pérdidas por erosión eólica e hídrica, aumentar la captación de agua y la actividad biológica, entre otras. Un indicador microbiano es capaz de representar diversas propiedades del ambiente de una manera integrada, que puede ser interpretada más allá de la información que el parámetro medido u observado representa en sí mismo. Investigaciones aseguran que la determinación de la diversidad funcional de la comunidad microbiana puede ser verdaderamente efectiva para evaluar el impacto de diferentes estrategias de manejo. Asimismo, esta funcionalidad depende de la cantidad de biomasa radical, longitud y profundidad de las mismas, que varían según la especie vegetal y el tipo de suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la implantación de *A. strigosa* y *Vicia villosa* en variables biológicas de un suelo hortícola. El ensayo se realizó en la Provincia del Chaco - Departamento 1° de Mayo, Localidad de Colonia Benítez en un lote con más de 50 años de agricultura intensiva. Se sembraron parcelas de 15 m² con 4 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: Testigo, vegetación natural (T); *A. strigosa* (Av); *V. villosa* (Vi); *A. strigosa*+*V. villosa* (Av+Vi). El muestreo de suelo se realizó a los 50 días desde la siembra, con el cultivo en pie, en la zona de influencia de las raíces, a una profundidad de 10 cm. Las muestras fueron compuestas por 10 submuestras en cada parcela. Las variables analizadas fueron: carbono orgánico (CO); proteínas del suelo reactivas a Bradford - BRSP (Glomalina); respiración microbiana; nitrógeno mineralizado en anaerobiosis (NAN) y actividad hidrolítica de enzimas microbianas sobre diacetato de fluoresceína (FDA). Los resultados fueron analizados mediante ANVA, Linear Models - General AOV/AOCV, prueba de Duncan para comparación de los promedios ($\alpha=0,05$) y análisis de componentes principales (CP) con el fin de describir y analizar observaciones multidimensionales de las distintas situaciones. El tratamiento Av mostró diferencias estadísticas en las variables FDA, NAN y respiración, presentando los mayores valores. El tratamiento Av+Vi aumentó el contenido de glomalina significativamente. La variable CO no presentó diferencias significativas. Las CP obtenidas explican el 96,5 % de la variabilidad, el tratamiento Av+Vi está más asociado a las variables glomalina y CO, Av con FDA y NAN y Vi con respiración. La CP 1 divide a Vi y Av+Vi del tratamiento Av y testigo. Los resultados sugieren que los tratamientos con estos cultivos implantados están relacionados con las variables biológicas comparando con el testigo que no se asoció a ninguna de estas. Estudios anteriores demostraron que los exudados de las raíces de diferentes especies vegetales estimulan distintos microorganismos del suelo, en este trabajo según el cultivo, las variables biológicas estuvieron diferentes respuestas asociadas según el tratamiento. Además, las complejas interacciones señalan que aún no se puede especificar la importancia relativa de un solo factor, como el tipo de suelo o la especie vegetal, sobre el efecto en la biología del suelo.

Palabras clave: actividad biológica, glomalina, *Vicia*, *Avena*.





COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE RIZOBIOS ASOCIADOS A LA ESPECIE *PROSOPIS KUNTZEI* (HARMS)

Sotelo, C.E.¹, A. Peticari², M.M. Collavino³

¹ Instituto Agrotécnico M.P. Fuentes Godo-UNNE-FCA;

² EEA INTA San Luis-AER Concarán;

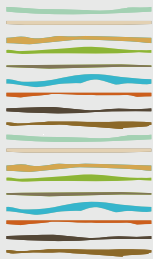
³ Instituto de Botánica del Nordeste (Conicet-UNNE), Facultad de Ciencias agrarias (UNNE), Sargento Cabral 2131, Corrientes. cristinasotelo4480@gmail.com

RESUMEN

El vinal *Prosopis ruscifolia* es una leguminosa nativa de la región chaqueña semiárida, leñosa, que se destaca por su elevada tolerancia a la salinidad, al estrés hídrico y su capacidad de adaptarse a suelos degradados. Se ha observado que la salinidad afecta en menor grado a los rizobios, en comparación a los efectos observados en sus plantas hospedadoras o en el establecimiento de la simbiosis, particularmente en la formación del nódulo y la fijación de nitrógeno. Se describieron rizobios asociados simbióticamente con especies del género *Prosopis* en América del Norte, África, España y Sudamérica. En nuestro país se encontró que la especie *Prosopis alba* es nodulada por *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Ensifer*. Según nuestro conocimiento, los rizobios capaces de nodular la especie *P. ruscifolia* aún no han sido descritos. En el presente trabajo se analizó la diversidad de rizobios, mediante el uso de plantas trampa, en suelos provenientes del área de influencia de las raíces de *P. ruscifolia* crecidos en la región occidental del parque chaqueño. Se obtuvo una colección de 300 aislamientos con características rizobiales. Los mismos fueron caracterizados mediante análisis Eric-PCR, secuenciación de los genes 16S ARNr, *nifH* y *nodC*, y en su capacidad de crecer en diferentes condiciones de pH (pH 4 a pH 12), temperatura (28°C a 47°C) y salinidad (NaCl 0.5% a 9%). Se encontraron 18 poblaciones diferentes (perfiles Rep-PCR). Las relaciones filogenéticas resultantes de los tres genes analizados coinciden en los agrupamientos formados. Los aislamientos se distribuyeron equitativamente en los géneros *Ensifer* y *Mesorhizobium*. Los aislamientos del género *Mesorhizobium* se agruparon en dos subclusters, soportados por un bootstrapping $\geq 94\%$, relacionados con las especies *M. chacoense* y *M. sanjuanii*, respectivamente. En el género *Ensifer*, la mayoría de los aislamientos formaron un subcluster (bootstrapping 100%) con las especies *E. meliloti* y *E. numidicus* mientras que dos aislamientos se separaron relacionándose con las especies *E. terangae* y *E. sesbaniae*, respectivamente. La predominancia de los géneros *Mesorhizobium* y *Ensifer* en los rizobios asociados a *P. ruscifolia* concuerda con lo observado en varias especies de *Acacia* y *Prosopis* incluyendo a *P. alba* en el parque chaqueño argentino. La comunidad de rizobios aislada de *P. ruscifolia* fue capaz de crecer en condiciones de salinidad (4% NaCl) y un amplio rango de pH (pH 4 a pH 11) y temperatura (hasta 40°C), demostrando una marcada tolerancia a los estreses que se pueden presentar en su ambiente. En *Ensifer* se observa mayor tolerancia a pH, tolerando hasta pH 12, mientras que en *Mesorhizobium* todos los aislamientos fueron capaces de crecer hasta 45°C y algunos hasta 47°C. Particularmente uno de los aislamientos, relacionado con *E. meliloti*, es capaz de crecer en altas condiciones de salinidad (7.5% NaCl), pH y temperatura (47°C), presentando un excelente potencial para el desarrollo de estrategias de recuperación de suelos salinos.

Palabras clave: *Ensifer*, *Mesorhizobium*, Vinal





ACTIVIDAD BIOLÓGICA EDÁFICA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES CON DISTINTOS AÑOS DE HABILITACION EN EL IMPENETRABLE CHAQUEÑO

Sotelo, C.E.¹, N.P. Mansilla², G.L. Perez¹, S. Carnicer¹, M.M. Collavino³

¹ Instituto Agrotécnico M.P. Fuentes Godo-UNNE-FCA;

² Dirección de suelos y agua rural- Ministerio de producción de la provincia del Chaco;

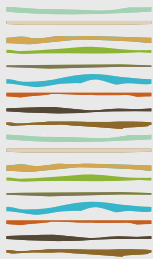
³ Instituto de Botánica del Nordeste (Conicet-UNNE), Facultad de Ciencias agrarias (UNNE), Sargento Cabral 2131, Corrientes. cristinasotelo4480@gmail.com

RESUMEN

El sistema silvopastoril es la combinación de producción ganadera y forestal, más eficiente en términos productivos, de rentabilidad, competitividad y de conservación de los recursos naturales. Para implementar esta actividad, se hace necesario un sistema de monitoreo que permita medir el impacto de las intervenciones realizadas a fin de asegurar la conservación de la biodiversidad y el potencial productivo del ecosistema. Un mal manejo puede determinar la degradación biológica del suelo, generando una pérdida de la capacidad de mineralización y descomposición de la materia orgánica, y la disminución de la biomasa del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad biológica edáfica en sistemas silvopastoriles con distintos años de habilitación en el impenetrable chaqueño. Los muestreos se realizaron en la serie de suelo Cañon, las situaciones de manejo silvopastoril fueron: con 12 (SVi), 8 (SIn) y 1 (SNU) años de habilitación, y un monte nativo (Mon), a una profundidad de 0-10 cm. Las variables analizadas fueron: carbono orgánico (CO); nitrógeno total (Nt); proteínas del suelo reactivas a Bradford - BRSP (Glomalina); respiración microbiana (Res); nitrógeno mineralizado en anaerobiosis (NAN) y actividad hidrolítica de enzimas microbianas sobre diacetato de fluoresceína (FDA). Los resultados fueron analizados mediante ANVA, Linear Models – General AOV/AOCV, prueba de Duncan para comparación de los promedios ($\alpha=0,05$) y análisis de componentes principales (CP). Los resultados de glomalinas fácilmente extraíbles (GFE) registraron diferencias significativas entre tratamientos. Los mayores valores medios de glomalinas se registraron en suelos SIn y SNU y los menores valores medios se registraron en Mon. Los suelos con manejo silvopastoril tienen implantado *Panicum maximum* cv. gatton panic. Se ha visto que la presencia de pasturas incrementa los niveles de glomalina probablemente por la mayor disposición de fotosintatos, sustentando la alimentación de los hongos micorrízicos arbusculares estrechamente relacionados con la producción de glomalinas. Las variables CO, Nt y NAN revelaron diferencias estadísticas entre SNU, Mon vs. SIn, SVj, disminuyendo un 250, 160 y 700% respectivamente. La Res también tuvo la misma tendencia, pero las diferencias no fueron tan marcadas. La actividad enzimática medida a través de FDA fue la única variable más sensible al cambio de uso del suelo inmediato, mostrando diferencias estadísticas entre el SNU y el Mon. Los primeros componentes principales (CP1 y CP2) explicaron el 97,3 % de la variabilidad. Además de relacionar las variables, explican el efecto de los tratamientos sobre las variables biológicas del suelo. Dentro de la CP1 las variables de mayor peso fueron Res, NAN, CO, FDA, con valores de autovectores de 0,42, 0,45, 0,45, 0,42, respectivamente, y en la CP2 fueron Nt y glomalinas con valores de autovectores de 0,40 y 0,73 respectivamente. En el plano bidimensional se distinguieron cuatro grupos: el primero constituido por el tratamiento SNU, el segundo por Mon, el tercero por SVi y el cuarto por SIn. Estos resultados indican la importancia de monitorear los cambios en el tiempo, siendo las variables microbiológicas más sensibles a los cambios de uso del suelo y podrían evidenciar el efecto de estos sistemas en menor tiempo.

Palabras clave: glomalinas, FDA, nitrógeno mineralizable





RESPIRACIÓN EDÁFICA Y CARBONO ORGÁNICO DE UN SUELO DEL BOSQUE DE CALDÉN CON RALEO SELECTIVO MANUAL

Toselli, L.I.¹, M.E. Gallace^{1,*}, E.N. Hepper¹, M.S. Larroulet¹

¹ Facultad de Agronomía – UNLPam;

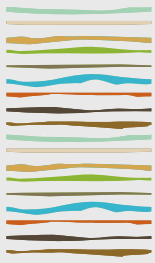
* Ruta Nacional 35, km 334, (6300) Santa Rosa, Prov. de La Pampa, gallace@agro.unlpam.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad, el bosque de Caldén (*Neltuma caldenia* Burkart) presenta distintos grados de conservación con una gran heterogeneidad estructural, debido principalmente a su historia de uso y manejo. El ganado doméstico y los incendios han contribuido al desarrollo de un estrato arbustivo en el que se ha vuelto relevante la presencia de renuevos de caldén y han llevado a la disminución o reemplazo de especies valiosas del pastizal por especies de menor valor forrajero. Las intervenciones que se realizan en el caldenal con el fin de disminuir la densidad de leñosas, controlar sus rebrotes y disminuir la cobertura de especies no forrajeras, podrían modificar algunas propiedades edáficas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica estacional de la respiración microbiana, el contenido de carbono orgánico y el valor de pH del suelo, en áreas intervenidas con raleo selectivo manual bajo la copa del caldén y en áreas abiertas. Los tratamientos estudiados fueron parcelas con y sin raleo en áreas bajo influencia de la copa de leñosas, parcelas con y sin raleo en áreas abiertas. En cada uno y para las cuatro estaciones del año, se tomaron 5 muestras compuestas de los primeros 2,5 cm del perfil. Se determinó: respiración edáfica, carbono orgánico total y pH. Se observó un efecto estacional sobre la respiración edáfica que puede asociarse a las condiciones ambientales de temperatura y humedad encontradas. Los meses más cálidos y húmedos presentaron los mayores valores de respiración edáfica. Por otra parte, el raleo selectivo manual sobre el renoval-fachinal no modificó la respiración microbiana. En otoño, verano y primavera el carbono orgánico disminuyó en áreas raleadas bajo la influencia de la canopia y el pH aumentó debido al menor ingreso de residuos provenientes del caldén y el desarrollo de un microambiente menos favorable para su descomposición. En áreas abiertas, no hubo modificaciones en el contenido de carbono orgánico total.

Palabras clave: intervención manual, arbustización, propiedades edáficas





CARACTERIZACION DE SITIOS CON DISTINTO MANEJO AGRICOLA MEDIANTE ANALISIS DE NEMATODOS Y LIPIDOS DEL SUELO

Varela C.P.¹, M.F. Achinelly ², A.E. Ferrari ^{1*}, L.G. Wall ¹

¹ Universidad Nacional de Quilmes, Laboratorio de Biología del Suelo, R. Sáenz Peña 352 (B1876BXD) Bernal, Provincia de Buenos Aires.

² Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE), Universidad Nacional de La Plata.

*Pilar 180 (1846) Adrogué, Provincia de Buenos Aires; alejandroeFerrari@gmail.com

RESUMEN

Los indicadores biológicos de calidad del suelo son considerados los que responden más rápidamente a los cambios en el uso de la tierra. En este trabajo, caracterizaremos manejos agrícolas en siembra directa, en la región pampeana, utilizando dos tipos de indicadores biológicos: las comunidades de nematodos y el perfil de lípidos totales del suelo. Se comparó el manejo tradicional de rotaciones soja-maíz de baja diversidad (con predominio de soja) y barbecho invernal; con un manejo intensificado basado en rotaciones intensas de cultivos de verano (maíz, soja, sorgo) y cultivos de cobertura invernal (trigo, vicia, arveja). Los suelos de la rotación intensiva tuvieron mayor riqueza y diversidad de nematodos, mayor abundancia de nematodos predadores (indicadores de suelos poco disturbados) y resultaron más equilibrados en cuanto a los diferentes grupos tróficos de nematodos. El perfil de lípidos del suelo mostró que la rotación intensificada se pareció más a las pasturas, o sea a sitios de bajo disturbio agrícola, y tuvieron concentraciones más elevadas de los marcadores lipídicos de hongos de micorrizas arbusculares. Los perfiles de lípidos y nematodos son biomarcadores funcionales diferentes, ya que los nematodos registran la situación actual del suelo durante el muestreo, mientras que los lípidos extraídos retienen memoria de eventos ocurridos en los últimos tres años de manejo agrícola. Las dos herramientas se mostraron muy efectivas para distinguir entre suelos con manejos agrícolas parecidos, siendo herramientas complementarias para la caracterización de estos suelos.

Palabras clave: bioindicadores, calidad del suelo, manejo agrícola

INTRODUCCIÓN

Los agroecosistemas sufren perturbaciones periódicas como la labranza, el uso de fertilizantes y la aplicación de plaguicidas, alterando la estructura microbiana del suelo. Los cambios en la calidad del suelo pueden monitorearse mediante el uso de indicadores de calidad apropiados. Tradicionalmente se emplearon indicadores físicos y químicos, pero se ha demostrado que los indicadores biológicos brindan una respuesta más rápida a los cambios en el uso del suelo. Entre los indicadores biológicos, los nematodos y los microorganismos del suelo son particularmente sensibles a las perturbaciones antrópicas, estos últimos pueden medirse mediante el análisis de lípidos del suelo, como componentes de toda célula viva.

Los nematodos edáficos ocupan diferentes eslabones funcionales en la red trófica y se clasifican en cinco grupos tróficos: bacteriófagos, fungívoros, omnívoros, predadores y fitófagos. Entre ellos los bacteriófagos y fungívoros, presentan ciclos de vida relativamente cortos, lo cual les permite responder rápidamente a cambios del ambiente. Los lípidos están ampliamente distribuidos en toda célula viva, cumpliendo funciones de almacenamiento de energía y como componente principal de la membrana celular, la técnica WSFA (*whole soil fatty acids*) permite extraer y analizar tanto lípidos celulares como aquellos que se encuentran libres y protegidos de la descomposición por la materia orgánica del suelo (Ferrari et al., 2018), es un método rápido, económico y sensible para estudios de caracterización de las comunidades microbianas del suelo. El objeti-



vo general del trabajo es la evaluación conjunta de dos comunidades de suelo consideradas bioindicadoras de los procesos edáficos (lípidos microbianos y nematodos) en agroecosistemas con diferentes tipos de agricultura, en una zona agrícola de alta productividad de la región pampeana.

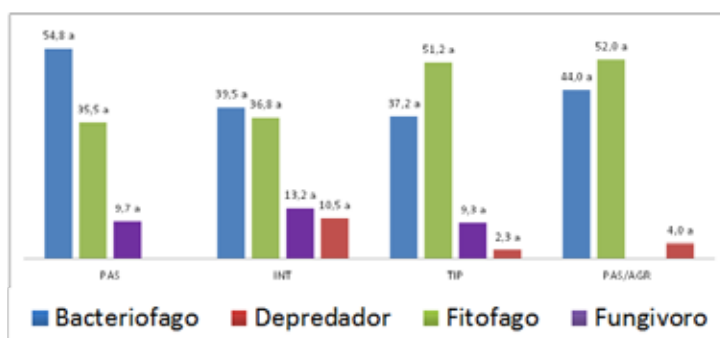
MATERIALES Y MÉTODOS

En abril de 2019 se tomaron muestras de suelo en el campo San Nicolás (provincia de Santa Fe), por quintuplicado y en el perfil 0-5 cm, como parte del proyecto Chacras Pergamino (Rodríguez et al 2020). La parcela se dividió en 4 subparcelas con distintos tratamientos agrícolas: 1) Rotación típica (TIP): sistema agrícola que históricamente predominó en la región pampeana. Es una rotación donde se alternan en verano soja y maíz y en invierno el campo es dejado en barbecho o con ocasional siembra de trigo; 2) Rotación intensificada (INT): sistema agrícola con mayor variedad de cultivos y sin barbecho, considerada hoy en día como una práctica agraria más sustentable. Consiste en rotaciones soja-maíz incluyendo cultivos de cobertura invernales como trigo, vicia, cebada, arveja o avena. 3) Pastura (PAS): pastura mixta de gramíneas y leguminosas, sin historia agrícola destinada a la alimentación de ganado. 4) Conversión de pastura a agricultura (PAS/AGR): pastura sin historia agrícola convertida en rotación intensificada en 2016. El análisis de lípidos totales por la técnica WSFA fue realizado por una adaptación (Ferrari et al 2018) de la técnica original para identificación de cultivos microbianos. Los ácidos grasos fueron clasificados en distintas familias taxonómicas: bacterias Gram-positivas (GRAMPOS), bacterias Gram-negativas (GRAMNEG), actinomicetes (ACT), hongos saprófitos (HON) y hongos de micorrizas arbusculares (HMA) Para el aislamiento de nematodos se utilizó la técnica tradicional de centrifugación del suelo en sacarosa (Salas 2019). Los nematodos obtenidos se identificaron morfológicamente a nivel de género bajo microscopio estereoscópico y óptico. La determinación taxonómica se realizó bajo la utilización de la clave de Chaves et al., (2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nematodos

Los grupos bacteriófagos y fitófagos fueron los grupos dominantes en los 4 tratamientos, con más del 35% para cada uno. Solo el sitio INT mostró un elevado recuento de nematodos depredadores, aunque no se encontraron diferencias significativas por el test Kruskal-Wallis ($p > 0,05$). El suelo INT presentó mayor abundancia de depredadores que la rotación TIP, sugiriendo un suelo más estable y menos disturbado. La rotación TIP tuvo mayor abundancia de nematodos bacteriófagos que la rotación INT, sugiriendo también un suelo más disturbado, enriquecido.



Los nematodos encontrados pertenecieron a las clase colonizador-persistente (ver tabla de abundancias relativas), siendo los valores mas altos indicadores de presencia de nematodos más sensibles a la presencia de disturbios ambientales (exceso de fertilizantes, plaguicidas, contaminantes). El sitio INT tuvo el menor porcentaje del grupo cp1 y el sitio TIP tuvo el 95% de sus nematodos repartidos entre los grupos cp1 y cp2. El tratamiento INT tuvo el mayor porcentaje de nematodos del grupo cp4. La escala de colonizadores-persistentes muestra una clara dominancia (>65% de abundancia relativa) de los tipos c-p1 (colonizadores, asociados a suelos disturbados) en PAS y PAS/AGR, mientras que la rotación INT mostró una distribución más uniforme de los 4 grupos c-p y con una elevada proporción de los c-p4 (indicadores de suelos estables). El tratamiento menos uniforme fue PAS/AGR, con más del 90% de abundancia del grupo c-p1, lo que habla de



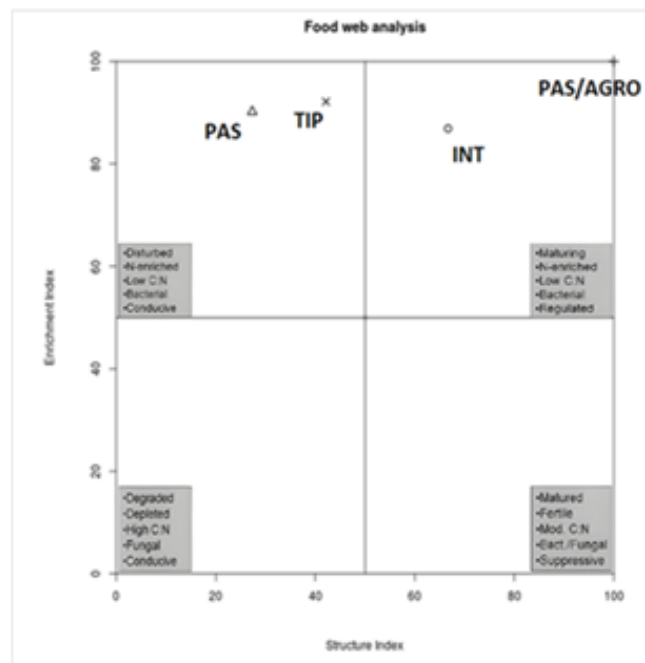
un disturbio del suelo más reciente (conversión de pasturas a agricultura en 2016).

SITIOS	Cp 1	Cp 2	Cp3	Cp4
PAS	65%	30%	5%	0
INT	50%	33%	0	16%
TIP	71%	24%	0	5%
PAS/AGR	92%	0	0	8%

El tratamiento INT tuvo mayor riqueza y diversidad de nematodos que el tratamiento TIP, como se observa en la tabla, y no hubo diferencias en el índice de equitatividad, demostrando que la rotación intensiva presenta una comunidad de nematodos más diversa.

SITIOS	Riqueza (S)	H Shannon- Weaver	Equitatividad (E)
PAS	10,0 b	2,0 bc	0,96 a
INT	11,3 c	2,25 c	0,89 a
TIP	10,0 b	1,90 b	0,82 a
PAS/AGR	4,1 a	1,39 a	0,87 a

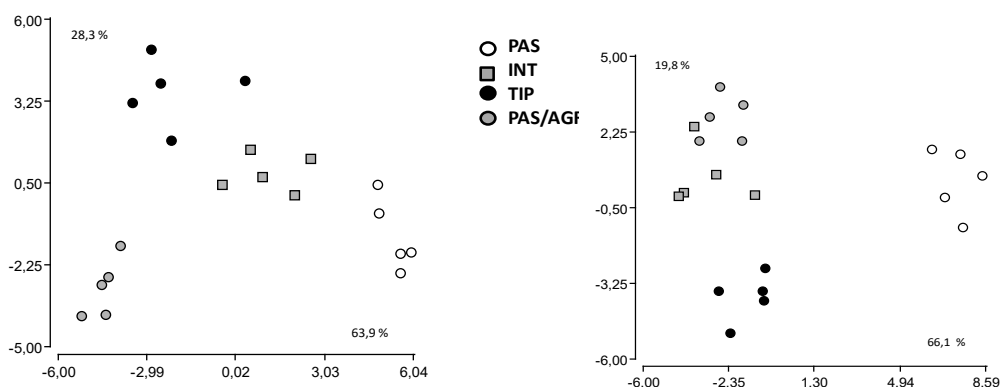
El análisis de la red alimentaria según ... muestra datos de los índices de enriquecimiento y estructura, los tratamientos INT y PAS/AGR se ubicaron en el segundo cuadrante, lo que sugiere un suelo más estabilizado que los tratamientos PAS y TIP (primer cuadrante).



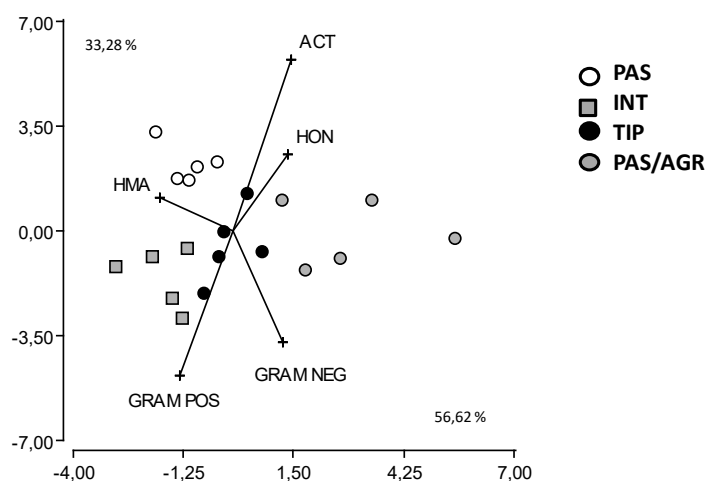
Lípidos

El análisis discriminante basado en el perfil de lípidos individuales (izquierda) y lípidos relevantes (derecha), lípidos con mayor contribución a los ejes discriminantes, muestra una separación de los 4 tratamientos.





Se observa una clara separación de la pastura permanente (PAS) y la pastura convertida (PAS/AGR) respecto de los suelos con agricultura continua. La discriminación entre PAS y PAS/AGR, dos sitios con idéntica historia de pasturas, demuestra que esos sitios se separaron por la presencia de un cultivo en pie en el caso de PAS/AGR. Tres años después del cambio de manejo, los tratamientos INT y PAS/AGR continuaron levemente separados entre sí, a pesar de tener el mismo cultivo al momento del muestreo. A pesar de que las diferencias entre los dos tratamientos agrícolas INT y TIP son sutiles (ambos son suelos en siembra directa con rotación de cultivos), el perfil de lípidos permitió separar ambos tratamientos cuando se aplicaron métodos multivariados. El análisis discriminante basado en lípidos individuales muestra a los sitios INT en una posición intermedia entre PAS y PAS/AGR, mientras que el análisis basado en los lípidos relevantes muestra a INT asociado a PAS/AGR. En cambio, el análisis discriminante basados en lípidos clasificados en grupos taxonómicos muestra al tratamiento INT asociado a la pastura permanente (figura). Es notable que ningún análisis multivariado mostró una asociación de la rotación INT con la rotación TIP, discriminándose entre sí claramente. La asociación de INT con la pastura demuestra que esta rotación presenta comunidades microbiana más parecidas a un ambiente natural, o de bajo disturbio. Se observa que el marcador de micorrizas arbusculares (16:1w5c) se relacionó con los sitios PAS e INT.



Los resultados del ANOVA muestran diferencias significativas para los ácidos grasos 16:1w5c y 18:3w6c, y para el grupo de bacterias Gram-negativas, siempre con valores más elevados en INT que en TIP. El ácido graso 16:1w5c es un indicador de micorrizas arbusculares, que contribuyen a la nutrición mineral de las plantas y su presencia indica suelos no perturbados en cuanto a los componentes subterráneos. Tradicionalmente se las encuentran en suelos prístinos o de bajo disturbio, como bosques, pastizales y pasturas. La relación hongos/bacterias fue menor en los sitios agrícolas (TIP e INT) que en los suelos con pastura o historia de pastura (PAS y PAS/AGR), aunque la diferencia fue significativa solo entre INT y PAS. Se ha citado que la relación hongo/bacteria es más elevada en pastizales no disturbados y en sistemas agrícolas bajo siembra directa y en los casos de agregado de enmiendas orgánicas (Borjesson et al 2012). Existen reportes de que los suelos prístinos y poco disturbados tienen mayor presencia de hongos que de bacterias. El ácido graso



18:3w6c se considera en general como un marcador de origen vegetal, podría estar relacionado con el ingreso de materia vegetal al suelo vía hojarasca y residuos de la cosecha (rastraje). En este sentido, su concentración fue más baja en TIP, ya que se caracteriza por inviernos en barbecho (campo desnudo); en cambio en los tratamientos INT, PAS y PAS/AGR el terreno está siempre cubierto. Los ácidos grasos 18:1w9c y 18:2w6c son de origen fúngico (Ruess y Chamberlain 2010), y tuvieron valores elevados en PAS y en la transición PAS/AGR, aunque la diferencia fue significativa solo en este último tratamiento. Los ácidos grasos 20:1w7c, 20:1w9c y 20:4w6c, indicadores de nematodos (Ruess et al 2007), no mostraron diferencias entre los tratamientos. Esto podría deberse a que, por las características del proyecto, las muestras de suelo se extrajeron del perfil superficial (0 a 5 cm), que no es el más apropiado para la extracción de nematodos, que requieren mayor profundidad. En general, tanto los marcadores de bacterias como de hongos saprofitos fueron más elevados en PAS/AGR, sin embargo la relación hongos/bacterias fue significativamente más alta en PAS y en PAS/AGR, es decir en los sitios con pastura o historia de pastura.

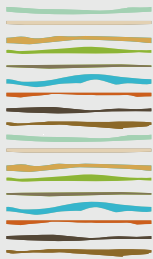
CONCLUSIONES

Este trabajo constituye la primera caracterización de suelos agrícolas de la región pampeana, y de sus cambios de manejo agrícola, mediante la utilización conjunta de dos conocidos indicadores de calidad del suelo: el perfil de lípidos y los nematodos. En este sentido se esperaba una situación diferente en cuanto a ambos indicadores, ya que el análisis de nematodos refleja la situación actual del suelo, mientras que los lípidos totales conservan la "memoria" de eventos pasados, o sea de la historia de uso del campo. Los dos métodos basados en indicadores biológicos fueron capaces de distinguir los distintos manejos agrícolas en la campo San Nicolás, así como el cambio de manejo a los tres años. En conclusión, los dos indicadores biológicos y bioquímicos utilizados demostraron ser eficientes y complementarios para caracterizar suelos con distinto tipo de manejo agrícola y distinta historia de uso, como una herramienta de muy buen potencial para estudios futuros.

BIBLIOGRAFÍA

- Börjesson, G; L Menichetti; H Kirchmann & T Kätterer. 2012. Soil microbial community structure affected by 53 years of nitrogen fertilization and different organic amendments. *Biol Fertil Soils*, 48, 245-257.
- Chávez, E, MM Echeverría; H Merlo Álvarez & A Salas. 2019. Clave para determinar géneros de nematodos del suelo de la Republica Argentina
- Chen, J.; H Ferris; M Scow & KJ Graham. 2001. Fatty acid composition and dynamics of selected fungal-feeding nematodes and fungi. *Comp Biochem Physiol B* 130: 135-144.
- Ferrari, AE; S Ravnskov & LG Wall. 2018. Crop rotation in no-till soils modifies the fatty acid signature. *Soil Use Manage* 34: 427-436
- Rodríguez, MP; A Dominguez; M Moreira Ferroni; LG Wall & JC Bedano. 2020. The diversification and intensification of crop rotations under no-till promote earthworm abundance and biomass. *Agronomy*, 10, doi:10.3390/agronomy10070919
- Ruess, L & PM Chamberlain. 2010. The fat that matters: Soil food web analysis using fatty acids and their carbon stable isotope signature. *Soil Biol Biochem* 42: 1898-1910.
- Ruess, L.; K Schutz; S Migge-Kleian; MM Haggblom; E Kandeler & S Scheu. 2007. Lipid composition of Collembola and their food resources in deciduous forest stands – Implications for feeding strategies. *Soil Biol Biochem* 39: 1990-2000
- Salas, A. 2019. Estudio de la diversidad de nematodos asociados al sustrato como indicadores de la calidad del suelo en agro-ecosistemas. Trabajo de tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Plata.
- Sánchez-Moreno, S & M. Talavera. 2013. Los nematodos como indicadores ambientales En: *Agroecosistemas* 22(1): 50–55.





DEGRADACIÓN Y EFECTO DEL FUNGICIDA IPRODIONE SOBRE LA MICROFLORA DE SUELOS TRATADOS CON VERMICOMPOST

Verdenelli, R.A.^{1*}, F.M. Barbero¹, M.F. Dominchin¹, J.M. Meriles¹

¹Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV-UNC-CONICET); (ICTA-FCEFyN-UNC);

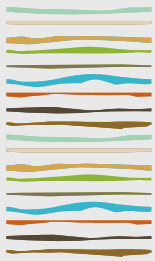
* Av. Vélez Sarsfield 1611 (5000), Córdoba, rverdenelli@gmail.com

RESUMEN

La microflora del suelo participa en la descomposición de la materia orgánica, liberando nutrientes químicos y promoviendo el crecimiento de plantas. Sin embargo, muchas actividades antropogénicas, tales como la agricultura, la polución ambiental, y el uso de biocidas pueden afectar el equilibrio ecológico de algunas poblaciones de microorganismos del suelo. El presente estudio incluyó dos tipos de suelo: manejo agrícola (más de 10 años con cultivo de soja), y suelos de pastizal (prístino, sin historial de actividad agrícola), ambos ubicados en la provincia de Córdoba, Argentina. Los suelos colectados fueron tratados con formulaciones comerciales de iprodione (Rovral 50 WP) a una concentración de 0, 1 y 10 veces la concentración recomendada a campo (0DR, 1DR y 10DR), con y sin el agregado de vermicompost (LCC). El objetivo fue estudiar el impacto de la aplicación de distintas concentraciones del fungicida iprodione sobre la microflora de suelos con diferente manejo y analizar la influencia del vermicompost en la tasa de disipación del iprodione y su impacto sobre la estructura de las comunidades microbianas. La tasa de disipación del fungicida analizada mediante HPLC, la actividad microbiana total estimada por diacetato de fluoresceína (FDA) y la estructura de las comunidades microbianas del suelo estimada por perfiles de ácidos grasos (PLFA) fueron estudiadas a los 1, 7, 30, 60 y 90 días posteriores a la aplicación del fungicida. Después de 90 días de incubación, la cantidad de iprodione remanente varió entre 18.5-36.5% en suelo no esterilizado y entre 32.5-78.5% en suelo esterilizado, poniendo de manifiesto el rol de los microbios en la degradación del fungicida. La actividad de FDA estuvo fuertemente influenciada por el tipo de suelo. En el día 30, el suelo agrícola tuvo una significativa disminución de la actividad microbiana en todos los tratamientos con vermicompost, independiente de la concentración de iprodione aplicada. Sin embargo, en el suelo de pastizal de ese mismo día se observó una disminución de FDA con el aumento de la concentración de iprodione aplicado. Estos resultados podrían relacionarse con la abundancia de microorganismos presentes en el suelo. Tanto en suelo agrícola como de pastizal los FAMES mayoritarios de los tratamientos control fueron ácidos grasos saturados (16:0, 18:0), ácidos grasos ramificados (a17:0, i17:0) y ácidos grasos monoinsaturados (18:1w9). En el día 30 se observó una influencia negativa en la estructura de los tratamientos con altas dosis de iprodione, con y sin el agregado de vermicompost en relación al resto de los tratamientos; principalmente en 18:1w9 asociados con hongos indicando disminución de las poblaciones fúngicas por la aplicación del fungicida. Nuestros resultados indican una fuerte influencia del iprodione sobre FDA aumentando la actividad en el suelo agrícola relacionado a procesos de detoxificación celular y disminuyendo en suelos de pastizal por la mortandad celular de suelos con alta abundancia microbiana. La disipación del iprodione sería en su mayoría realizada mediante procesos biológicos, aunque se observó una tasa menor debida a factores abióticos. Iprodione en concentraciones altas como el vermicompost alteraron la estructura PLFA.

Palabras clave: Iprodione, vermicompost, PLFA





DETERMINACIÓN DE RESPIRACIÓN A CAMPO EN SUELOS DE REGIMEN ACUICO DE CORRIENTES

Villalba F.D.¹, M.G.L. Acosta¹, M. Garay¹, D.M. Toledo^{1*}, S.M. Contreras Leiva¹, S. Arzuaga¹, N.C Schahovskoy²

¹ Cátedra de Edafología; Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131. Corrientes CP:3400.

² INTA EEA Sáenz Peña RN 95, Km 1108. Provincia del Chaco.

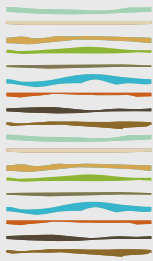
*marcelatoledo94@hotmail.com

RESUMEN

La respiración de un suelo (RES) es una medida de las emisiones de Carbono (C-CO₂), procedentes principalmente de la descomposición de la materia orgánica a través de la vía aerobia (respiración microbiana), la procedente de raíces, de la flora y fauna del suelo. Es una medida de la salud del sistema por estar asociado al nivel de actividad microbiana, contenido de materia orgánica y su mineralización. Existen dispositivos de campo para su determinación o ensayos de laboratorios. Los kits de campo son diversos, dentro de los cuales son muy usadas las cámaras y dispositivos "in situ" con reactivos químicos, trampas de álcalis, o reactivos que cambian de color en presencia de CO₂, contenidos por ejemplo en tubos draeger (USDA). El presente trabajo tuvo por objetivo medir respiración de suelo a campo aplicando una cámara al suelo y tubo draeger y evaluar su sensibilidad para distinguir sistemas seminaturales (Pastizal, PZ) y de cultivados (forestaciones con *Pinus sp.*, PI) en suelos de régimen ácuico del Norte de Corrientes. Se trabajó en el departamento de Ituzaingó empleando un diseño de muestreo completamente al azar, con dos tratamientos: pastizal seminatural, Pz (suelo de referencia) y forestaciones de *Pinus sp.* de 17 a 20 años de edad, Pi. Se realizó un muestreo de suelo, compuesto, aleatorio simple, de 0-0,10m, las muestras se secaron al aire y se tamizaron por malla de 2 mm. A campo se determinó la respiración de suelo (RES) utilizando cámaras de aluminio en suelo a capacidad de campo y tubos draeger. A campo se determinó temperatura de suelo y densidad aparente (Da) por método del cilindro. En laboratorio se determinó humedad equivalente HE, textura, pH y por cálculo se obtuvo porosidad total (PT), espacio aéreo (Ae). Los resultados obtenidos se llevaron a 25°C y se expresaron en ppm. Se realizó un ANOVA y prueba de LSD (P<0,05). Los suelos resultaron de reacción ácida a fuertemente ácida, con menor valor de pH bajo PI. (4,09; P<0,0001). Se presentó una mayor densificación en los suelos bajo PZ, atribuida a los animales que ingresan frecuentemente a esos lotes, la Da para PZ fue de 1,49 y para PI 1,35 Mg.m⁻³ (P<0,04). Se presentaron diferencias significativas en los contenidos de arena y arcilla. La PT fue mayor bajo PI, asociado a un mayor contenido de limo + arcilla. La capacidad de los suelos para retener agua varió entre 4,7 y 5,7% sin diferencias entre tratamientos y estuvo acorde a la textura. La tasa de respiración fue mayor bajo situación seminatural de pastizal. Al considerar la masa de suelo por ha, la RES para PZ fue de 21,85 y para PI de 10,09 Kg CO₂ ha⁻¹d⁻¹. Los resultados indican que la RES a campo resultó sensible para distinguir entre usos de suelo y denotó una disminución de la respiración del 41% considerando ppm de CO₂, y del 53% considerando el peso de la ha de suelo.

Palabras clave: actividad biológica, calidad de suelo, tasa de respiración





ROTACIONES Y DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA

Viruel, E.¹

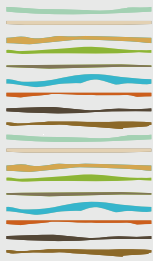
¹ Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-CIAP-INTA),
Chañar Pozo s/n, (4113), Leales, Tucumán. viruel.emilce@inta.gob.ar

RESUMEN

La región del NOA ha sido fuertemente afectada por un proceso de transformación de los sistemas productivos, avanzando la agricultura sobre áreas boscosas o bien ocupadas anteriormente por la ganadería. La conversión de pastizales a tierras de cultivos, genera importantes efectos ecológicos como degradación de la estructura superficial del suelo, lo que aumenta la erosión del mismo y ocasiona pérdidas de carbono, nitrógeno y fósforo. Los microorganismos del suelo, a través de los procesos biogeoquímicos, intervienen en la prestación de servicios ecosistémicos esenciales para mantener la sustentabilidad del sistema, principalmente aquellos relacionados al ciclado de nutrientes. Por lo tanto, es necesario un estudio detallado sobre el impacto de la conversión de pasturas a tierras agrícolas en la salud edáfica, particularmente sobre la diversidad y las funciones de la comunidad microbiana del suelo. Para ello, durante los últimos años hemos evaluado el impacto de diferentes usos de la tierra y prácticas de manejo (cultivo de maíz bajo siembra directa y labranza convencional, pastura pastoreada y no pastoreada) sobre la estructura y funciones de las comunidades bacterianas del suelo, así como sus relaciones con las propiedades edáficas. Los resultados de los parámetros edáficos evaluados junto con el análisis de las comunidades microbianas demostraron que las pasturas pastoreadas resultaron ser el tratamiento con menor impacto ambiental. La diversidad alfa fue la más alta en las pasturas pastoreadas (n° de OTUs, Chao y Shannon), y fue la más baja en las pasturas no pastoreadas. El carbono orgánico del suelo, el nitrógeno y el pH fueron las principales variables determinantes de la composición y diversidad de las comunidades bacterianas. Los perfiles funcionales revelaron que la abundancia de genes implicados en los metabolismos de aminoácidos, energía y carbohidratos; y en categorías relacionadas con el transporte de nucleótidos, el metabolismo, la estructura de traducción ribosomal y biogénesis, fueron mayores en los sistemas agrícolas que en los pastoriles. Nuestros resultados sugieren que los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo (i.e. SOC, TN y pH) asociados a las prácticas de manejo causan cambios en la composición de las comunidades bacterianas del suelo y sus funciones metabólicas en los sistemas agropecuarios de la región del NOA, y que la magnitud del efecto va a depender de la resiliencia del sistema.

Palabras clave: diversidad microbiana; cambio de uso del suelo; sistemas agropecuarios





CAMBIO DE USO DEL SUELO: ESTUDIO A TRAVÉS DE INDICADORES DE CALIDAD EDÁFICA

Viruel, E., Royo, V., Banegas, N.¹

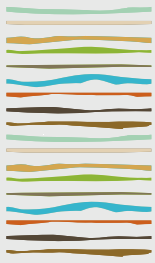
¹ Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-CIAP-INTA), Chañar Pozo s/n, (4113), Leales, Tucumán. viruel.emilce@inta.gob.ar

RESUMEN

La región del NOA ha sido fuertemente afectada por un proceso de transformación de los sistemas productivos, avanzando la agricultura sobre áreas boscosas o bien ocupadas anteriormente por la ganadería. El impacto de la conversión de pasturas a tierras agrícolas sobre la salud edáfica aún está siendo estudiado regionalmente, por lo que el principal objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de diferentes prácticas de uso sobre la calidad del suelo en sistemas productivos de la región del NOA utilizando indicadores edáficos. El área experimental se situó en un sistema pastoril con *Chloris gayana* cv Finecut con 20 años de pastoreo secuencial de ganado vacuno. Una parte del área fue convertida a agricultura al sembrar maíz (*Zea mays* L). La conversión se realizó bajo dos sistemas de labranza: convencional (MLC) y siembra directa (MSD). El resto del área continuó destinado a pastoreo (PP). La superficie destinada al ensayo se dividió en parcelas en un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones por tratamiento. Se midieron los parámetros físico-químicos: carbono orgánico del suelo (CO), nitrógeno total (NT), pH y conductividad eléctrica (CE); y microbiológicos: respiración edáfica (RE), actividad enzimática microbiana (AE), actividad deshidrogenasa (AD) y conteo de viables (UFC). Las diferencias entre tratamientos fueron evaluadas mediante un Modelo Lineal Mixto utilizando el método de máxima verosimilitud restringida (REML) para efectos aleatorios. En general, los valores de CO y NT, se vieron afectados negativamente por el manejo agrícola en comparación con las pasturas (PP), observándose mayor impacto en MLC que en MSD. Con respecto al pH, se encontraron los menores valores en MLC y los mayores valores en PP, mientras que la conductividad eléctrica (CE) fue menor en PP y mayor en MLC, siendo en ambos casos una situación intermedia para MSD. Para los parámetros microbiológicos, en general los **máximos valores fueron encontrados en el tratamiento PP**. Las prácticas de gestión de suelos y los métodos de labranza pueden conducir a diferencias en las propiedades físico-químicas del suelo alterando la composición, distribución y actividades de las comunidades microbianas edáficas. La labranza convencional mostró mayores alteraciones de los indicadores usados. Mientras que la siembra directa, al perturbar en menor medida la estructura del suelo, tiende a una menor variación de los parámetros con respecto a la pastura, que ayudan a mantener y/o promover la actividad de la microbiota. En este trabajo se pudo concluir que la conversión de pastura a tierras de cultivo como el maíz alteró significativamente las características químicas, físico-químicas y microbiológicas del suelo, perturbando los servicios ecológicos y afectando la actividad microbiana global.

Palabras clave: indicadores de calidad edáfica; cambio de uso del suelo; sistemas agropecuarios





ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE PROPIEDADES EDÁFICAS Y DIVERSIDAD VEGETAL EN SIERRAS DEL SUDESTE BONAERENSE

Wraage, C.P.^{1,2,*}, M.F. Alvarez^{1,2}, M. Fernández Honaine^{1,2}, G. D. Sottile²

¹ Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, FCEyN, UNMdP-CIC; Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, FCEyN, UNMdP-CONICET;

² Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, FCEyN, UNMdP-CONICET;

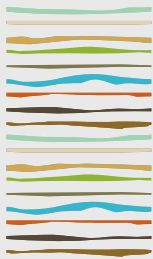
* caro.wraage@gmail.com.

RESUMEN

El sistema serrano de Tandilia corresponde a las elevaciones más antiguas del país, con un elevado número de especies endémicas. En los ambientes serranos del sudeste bonaerense, si bien las condiciones ambientales determinan la biodiversidad existente, las actividades antrópicas afectan a la vegetación natural, facilitando además la invasión de exóticas, por ejemplo, de *Acacia melanoxylon*. A pesar de la importancia ecológica, ambiental y cultural de estos ambientes, son escasos los estudios sobre la relación entre vegetación y variables ambientales. El objetivo del trabajo fue analizar la relación entre la flora serrana y algunas propiedades del suelo en una sierra invadida y otra no invadida por *A. melanoxylon*, en el sudeste bonaerense. Se realizó un relevamiento de vegetación en cuatro geoformas (cumbre plana, vertiente rocosa, lóbulos de soliflucción y base) en laderas sur y norte de ambas sierras y se calculó riqueza y diversidad de Shannon. En cada sitio, se tomaron tres muestras de los primeros 5 cm de suelo, mediante cilindros de 100 cm³, y se midieron humedad del suelo, densidad aparente y contenido de materia orgánica mediante técnicas de rutina. Se realizaron tests no paramétricos mediante el programa R. Se observaron diferencias en los valores de riqueza y diversidad entre geoformas ($p < 0,001$), siendo ambos mayores en la vertiente no invadida por *A. melanoxylon* y menor en la vertiente invadida. Los suelos del área son predominantemente Hapludoles líticos. Se observaron diferencias en el porcentaje de materia orgánica entre sierras y geoformas ($p < 0,001$), oscilando entre 13,14% y 24,17%. Estos valores se asemejan a otros hallados para la zona de estudio. Los mayores valores se registraron en las vertientes rocosas con presencia de *A. melanoxylon* en la Sierra de los Padres. Esto puede deberse a la mayor producción de biomasa y de raíces de esta leguminosa, además de las características químicas de las hojas que aumentan la velocidad de descomposición. A esto se suma la recurrencia de incendios, muchas veces promovidos por esta acacia. El porcentaje de humedad relativa y la densidad aparente fueron diferentes entre geoformas ($p < 0,001$), donde la humedad varió entre 7,69% (Cumbre) y 40,54% (Base) y la densidad aparente entre 0,6160 gr/cm³ (Vertiente invadida) y 0,8808 gr/cm³ (Base). Los mayores valores de ambas variables en la base pueden asociarse al tipo de vegetación (pajonal), cuyo sistema radicular contribuye a la estructura del suelo, permitiendo la conservación de la humedad. La menor densidad aparente en las vertientes rocosas estaría asociada al mayor contenido de materia orgánica ya que se observó una correlación negativa entre estas variables ($p < 0,001$), indicando una mayor agregación y una mayor porosidad en esta geoforma. Se observó una correlación negativa entre riqueza-humedad y diversidad-humedad ($p < 0,001$), siendo coherente con los otros resultados, ya que en la base (donde hay mayor humedad) se desarrollan comunidades monoespecíficas. Este es uno de los primeros estudios de la zona que relacionan e interpretan variables pedológicas y florísticas, donde se observa una relación más estrecha con la humedad, y que la presencia de especies exóticas estarían modificando el contenido de materia orgánica acumulado.

Palabras clave: Hapludoles líticos, acacia, Tandilia.





IMPACTO SOBRE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELOS POR EL PASTOREO DIRECTO DE REMOLACHA FORRAJERA

Navarro, L.¹, F. Zaragoza^{1*}, L. Avilés^{1,2}, J.J. Gallego^{3,2} y O. Gajardo^{1,2}

¹Centro Universitario Regional Zona Atlántica, UNComa;

²Unidad Integrada para la Innovación del Sistema Agroalimentario de la Norpatagonia;

³INTA Valle Inferior, Convenio Pcia. Río Negro - INTA.

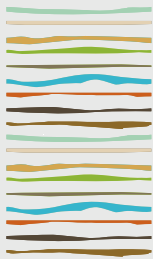
*Ayacucho y Esandi, Viedma, Río Negro, Argentina. malezas@curza.uncoma.edu.ar

RESUMEN

El paquete tecnológico para la producción de remolacha forrajera proveniente de Chile para la alimentación de bovinos en el Valle Inferior de Río Negro ha sido aceptado por los productores quienes reconocen en este sistema de producción varias ventajas como: la fecha de la oferta forrajera, la calidad nutricional del forraje y la alta carga de animales. Sin embargo, resulta necesario evaluar el impacto de esta tecnología sobre la calidad de los suelos. Para ello se evaluó el efecto sobre parámetros fisicoquímicos y actividades biológicas en un lote donde se implantó remolacha forrajera y se pastoreó con ganado bovino. En 5 fechas se tomaron 6 muestras de suelo compuestas por 10 submuestras de los primeros 5 cm: S) siembra (4oct21), V) en etapa vegetativa (14feb22), F) final del ciclo del cultivo antes de incorporar los animales (20may22), A) con animales en el lote por 1,5 meses (29jun22) y R) al retirar los mismos luego de 3 meses de pastoreo (12ago22). Se determinaron los parámetros fisicoquímicos: pH, CE y N así como también la respiración edáfica y las actividades biológicas: estearasa, ureasa y deshidrogenasa. Cada una de las variables fue comparada mediante ANOVA y test LSD. El pH resultó similar en todo el periodo evaluado ($8,00 \pm 0,04$), mientras que la CE resultó superior en A y R ($1,85 \pm 0,14$ mS/cm promedio de ambas fechas). El contenido total de N fue superior en R ($0,34 \pm 0,003$ g/100g). La respiración edáfica aumentó a lo largo del cultivo ($S < V < F$) y disminuyó con el pastoreo ($F > R \geq A$). La actividad estearasa resultó inferior en R y F ($60,50 \pm 2,04$ μ g FDA/g). La actividad ureasa decayó durante el cultivo y se estabilizó con la incorporación de los animales ($S > V > F \leq R < A$, 10284 ± 160 y 5783 ± 357 μ g N-NH₄/g, en S y A respectivamente), mientras que la actividad deshidrogenasa fue aumentando en el tiempo ($S = V < F = A < R$, valor final $98,27 \pm 3,97$ mg TFF/g). Durante el desarrollo del cultivo no se modificaron pH, CE ni N, aumentó la respiración edáfica y la actividad deshidrogenasa, con disminución de las actividades estearasa y ureasa. Durante el pastoreo se incrementó CE, N y actividad deshidrogenasa, disminuyó la respiración edáfica y no se observaron cambios en las actividades estearasa y ureasa ni en el pH. Debería analizarse la forma química del nitrógeno para evaluar su disponibilidad para un siguiente cultivo, momento en el que sería importante analizar la recuperación de las actividades biológicas que fueron afectadas por la falta de cobertura y la compactación del suelo por los animales. De acuerdo a las variables analizadas en el presente trabajo, la tecnología de pastoreo directo de remolacha forrajera por parte del ganado bovino no presenta un impacto significativo sobre la calidad del suelo.

Palabras clave: respiración edáfica, actividad estearasa, actividad deshidrogenasa, actividad ureasa.





ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN VERANO DE SUELOS BAJO CUBIERTA DEL VALLE INFERIOR, RIO NEGRO

Zaragoza, F.^{1*}, L.M. Avilés^{1,2}, L.I. Navarro¹ y O.A. Gajardo^{1,2}

¹Centro Universitario Regional Zona Atlántica. *Universidad Nacional del Comahue*.

²Unidad Integrada para la Innovación del Sistema Agroalimentario de la Norpatagonia.

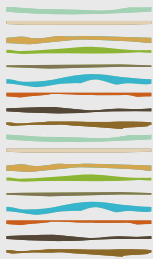
*malezas@curza.uncoma.edu.ar

RESUMEN

En el Valle Inferior del río Negro la producción hortícola bajo cubierta en verano se caracteriza por cultivos como: tomates, morrones, berenjena, rabanito, apio, perejil, cale, espinaca y lechuga. En estos se hace un uso intensivo del suelo por lo que deben realizarse mayores aportes de nutrientes o traslados frecuentes a otros lotes. Para evaluar la incidencia de los manejos sobre el ciclado de los nutrientes en el suelo, se utilizan indicadores biológicos que tienden a reaccionar de manera rápida y sensible a los cambios producidos, constituyendo una señal temprana para estimar el impacto ambiental. El objetivo del trabajo fue determinar la actividad biológica en suelos de cultivos hortícolas bajo cubierta con diferente antigüedad y manejo en el valle inferior del Río Negro durante la temporada de verano 2022. Se recogieron 4 muestras compuestas por 15 submuestras de los primeros 5 cm de suelo de 12 invernaderos y un testigo: 6 invernaderos entre dos y tres años de producción con manejo convencional (T1); 4 invernaderos con más de tres años en producción convencional (T2); 1 invernadero con producción agroecológica (T3); 1 invernadero con tratamiento de solarización para control de plagas y enfermedades del suelo que la temporada anterior habían afectado los cultivos de hoja (T4). En cada caso se determinó: i) la actividad respiratoria por el método del álcali, ii) la actividad esterasa por hidrólisis de diacetato de fluoresceína, iii) la actividad deshidrogenasa por hidrólisis de cloruro de trifeniltetrazolio y iv) la actividad ureasa por hidrólisis de urea. Se observó que la actividad respiratoria de T0 y T3 fue superior a T1, T2 y T4 ($41,7 \pm 4,4$ vs $13,5 \pm 2,4$ mg CO₂/100g/ 7 días en promedio respectivamente). La actividad esterasa no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($4,2 \pm 1,0$ µg FDA/g). La actividad deshidrogenasa resultó superior en T0 e inferior en T4 mientras que T1, T2 y T3 presentaron condiciones intermedias ($20,4 \pm 3,9$; $14,2 \pm 2,4$ y $6,1 \pm 1,4$ mg TFF/g). La actividad ureasa de T3 resultó superior, T0 que no se diferencia de T1 y T2 mientras que T4 resultó menor (3114 ± 272 ; 1679 ± 314 ; 1337 ± 129 y 716 ± 272 µg N-NH₄/g). Las actividades biológicas en los suelos de los invernaderos con manejo convencional en temporada estival tendieron a ser inferiores que en el testigo. El manejo agroecológico preserva en mayor medida la actividad microbiológica en los suelos de los invernaderos analizados, mejorando así la sustentabilidad del sistema. El tratamiento de solarización redujo significativamente las actividades del suelo, quedando para el próximo ciclo del cultivo confirmar si junto a esta disminución se incluyó a los patógenos.

Palabras clave: esterasa, deshidrogenasa, ureasa.





INTEGRACIÓN RURAL-URBANA PARA AUMENTAR EL INGRESO DE CARBONO EN SUELOS AGRÍCOLAS PAMPEANOS

Zubía, A.¹, M. Semmartin¹

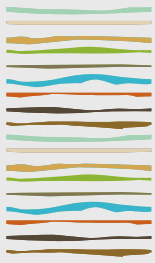
¹ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires,
Av. San Martín 4453, Ciudad de Buenos Aires, semmartin@agro.uba.ar

RESUMEN

La transformación agrícola que ha experimentado la región Pampeana ha resultado en deterioros tales como la pérdida de materia orgánica del suelo. Actualmente, numerosos planteos agronómicos buscan compatibilizar la producción de grano con la incorporación de biomasa al suelo, fijada en los propios sistemas. En este contexto, las interfases urbano-rurales podrían ofrecer una oportunidad adicional para aumentar estos aportes de carbono mediante el aprovechamiento del compost de los desechos orgánicos de las ciudades vecinas. En este trabajo investigamos el efecto de la aplicación individual y combinada de un fertilizante sintético y compost de residuos orgánicos domiciliarios sobre la respiración del suelo y el crecimiento de plantas en suelos provenientes de distintas rotaciones agrícolas. Realizamos dos experimentos en condiciones controladas, uno de incubación de suelos y el otro de crecimiento de plántulas de *Raphanus sativus*. Utilizamos suelos de un ensayo de tres rotaciones: trigo/soja-maíz-soja; trigo/soja-arveja/maíz-soja; cultivo de cobertura/soja-maíz-soja. El ensayo a campo está replicado en tres sitios, San Pedro, Pergamino y Bragado, y lo conduce la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (grupo norte de la Provincia de Buenos Aires). El suelo se recolectó en el segundo año de rotación, durante la cosecha del maíz. El experimento de incubación se realizó en microcosmos individuales donde incubamos 100 g de suelo, que tratamos de la siguiente manera: control sin agregado de fertilizante ni de compost; fertilizante sintético (NPK 18- 1,5- 4) equivalente a 200 kg N/ha; compost equivalente a una dosis de 20 t compost/ha; combinación fertilizante + compost, mitad de las dosis individuales. Evaluamos la tasa de respiración a lo largo del 30 días. El experimento de cultivo de plántulas se realizó en macetines individuales de 150 cm con los suelos tratados de igual manera que en el experimento de incubación. Evaluamos el crecimiento de las plántulas de *R. sativus* durante los primeros 15 días. La respiración del suelo fue máxima con el agregado de compost e intermedia en el agregado mixto (compost+fertilizante) ($p < 0.05$) y no presentó interacción con la rotación. En cambio, el agregado de fertilizante sintético por sí solo no alteró la tasa de respiración del suelo. Los suelos provenientes de las rotación con mayor frecuencia de doble cultivo (trigo/soja-arveja/maíz-soja) presentaron una mayor respiración que el resto ($p < 0.05$). Por el contrario, el crecimiento de las plántulas no mostró diferencias atribuidas ni a la fertilización ni a la rotación agrícola. El estímulo de la respiración del suelo frente al agregado de compost es un primer resultado que sugiere que esta práctica podría aumentar el contenido de carbono del suelo bajo las rotaciones agrícolas investigadas. Los próximos pasos evaluarán su eventual impacto sobre las fracciones de carbono particulado y asociado a las arcillas.

Palabras clave: carbono del suelo, compost, rotaciones.





DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS FITÓFAGOS Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN DIFERENTES ESPECIES DE CULTIVOS DE SERVICIO

Zufiaurre, E.^{1,2,*}, B. Mestre^{1,2}, F. Jecke^{3,4}, F. Mousegne^{3,4}, M. Beltrán^{5,4}

¹ Universidad Nacional de San Antonio de Areco (UNSAaA). Grupo para el Estudio del Manejo y Control Biológico de Plagas Agrícolas, San Antonio de Areco, Argentina;

² Centro de Investigaciones y Transferencia del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires CITNOBA (UNNOBA-UNSAaA-CONICET), Pergamino, Argentina;

³ INTA AER San Antonio de Areco, San Antonio de Areco, Argentina;

⁴ Universidad Nacional de San Antonio de Areco (UNSAaA), San Antonio de Areco, Argentina;

⁵ Instituto de Suelos, INTA Castelar, Castelar, Argentina;

* emmanuel.zufiaurre@conicet.gov.ar.

RESUMEN

Una de las características que tuvo el proceso de agriculturización en Argentina fue el monocultivo, que en algunas regiones generó serios problemas de erosión. La utilización de cultivos de servicio (CS) es una estrategia para incrementar la diversidad de cultivos en la rotación agrícola. Los CS brindan numerosos beneficios agronómicos y ambientales a través de la provisión de servicios ecosistémicos. Uno de los cuales puede ser el incremento de la biodiversidad y el control biológico por conservación de enemigos naturales. Nuestro objetivo fue estudiar la diversidad de artrópodos con hincapié en insectos fitófagos y sus enemigos naturales en parcelas con diferentes CS para conocer la contribución de esta práctica en el manejo ecológico de plagas. Entre mayo-noviembre de 2021, en la zona rural de San Antonio de Areco, realizamos un ensayo con siete tratamientos con diferentes especies y densidades de siembra: Barbecho; trigo; mezcla trigo+*Vicia villosa*; *Vicia villosa* (13Kg/ha); *Vicia villosa* (22Kg/ha); *Vicia villosa* (30Kg/ha); y *Vicia villosa* (22Kg/ha) finalizada 20 días antes. El tamaño de las parcelas fue de 1,4x5m. Realizamos un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones. A partir de agosto, y hasta finalizar el ensayo, realizamos seis muestreos con frecuencia quincenal. En cada muestreo llevamos a cabo una búsqueda activa de artrópodos dentro de una cuadrícula de 50x50cm ubicada al azar en cada parcela durante 3min. Registramos un total de 548 individuos. La abundancia media de artrópodos en los tratamientos que incluyeron CS (17 individuos/parcela) se incrementó, en promedio, un 130% respecto a la abundancia media en las parcelas con barbecho (7,4 individuos/parcela). Más de un tercio de la abundancia total fue registrada en las parcelas de trigo (36,5%), seguido por las parcelas con mezcla trigo+vicia (21%). En particular, en las parcelas con CS, el 95,5% de los individuos registrados pertenecieron a la Clase Insecta y el 4,5% restante a Arachnida. A su vez, el 73% de los insectos pertenecieron al Orden Hemiptera, principalmente compuesto por la Familia Aphididae (áfidos). Los áfidos fueron los insectos fitófagos más abundantes registrados en las parcelas con CS (298 individuos), aunque más de la mitad fue registrado solamente en las parcelas con trigo (51%), seguido por las parcelas con mezcla trigo+vicia (25,8%). Al mismo tiempo, en las parcelas con CS detectamos 41 eventos de parasitoidismo en áfidos, cuatro en orugas (Lepidoptera) y tres en chinches (Hemiptera: Pentatomidae). Sumado a esto, registramos una alta diversidad de artrópodos depredadores, entre los que se destacan las arañas, sírfidos (Diptera: Syrphidae), crisopas (Neuroptera: Chrysopidae), *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthoridae) y las vaquitas *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae), *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Concluimos que la producción de materia verde que genera la práctica de CS sostiene una alta diversidad de artrópodos respecto a la ausencia de dicha práctica. Se ha sugerido que los CS pueden proporcionar microclimas favorables y recursos como alimento (polen y néctar), refugio, huéspedes y presas alternativas a los enemigos naturales de las



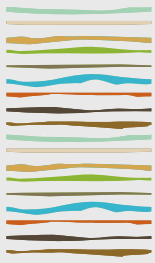
plagas, tales como depredadores y parasitoides, lo que generaría una reducción del impacto de plagas.

Palabras clave: Biodiversidad Funcional, Control Biológico, Manejo Integrado de Plagas.



Génesis, Clasificación, Cartografía y Mineralogía de Suelos





MAPAS DE AGUA ÚTIL ESTIMADA DEL ÁREA DE RIEGO DEL RIO DULCE, SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA

Angueira, M.C.^{1*}, G. Cruzate², D.R. Prieto Garra¹, P. Savino³

¹ ex INTA EEASE 24 setiembre 621, (4200), Santiago del Estero, cristina.angueira@gmail.com;

² ex INTA Castelar;

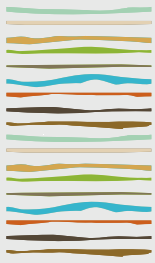
³ INTA EEASE

RESUMEN

En el ecosistema Chaco semiárido es fundamental la comprensión de los factores físicos y antrópicos para señalar las limitantes y potencialidades para distintos usos y manejos sin poner en riesgo el futuro ambiental. La cartografía de los suelos es un elemento que permite segmentar el continuum en unidades discretas a escalas establecidas, clasificar e inventariar las características de los suelos. Las constantes hídricas Capacidad de Campo (CC), Punto Marchitez Permanente (PMP) y Agua Útil (AU), importantes para el manejo de suelo y la aplicación de modelos de balance hídrico determinísticos y distribuidos, no son proporcionadas por su determinación laboriosa, equipamiento y personal. Desde los 80' se estimuló las Funciones de Pedotransferencia (FPT) para estimarlas, a partir de características de medición directa, fácil y económica como arcilla, limo, arena y materia orgánica, y el uso de la Geoestadística para la variabilidad espacial y generar mapas discretos asignando valores a las Unidades de Mapeo (UM) y continuos para modelos hidrológicos distribuidos. El objetivo fue generar mapas discreto y continuo de AU del área de riego del Río Dulce de 883.556 ha, en la Planicie fluvio-eólica chaqueña (Río Salí-Dulce), Valle (Río Dulce) y Planicie aluvial migratoria (Río Salado) de Santiago del Estero. El clima es subtropical, precipitación media de 550 mm/año primavera-estival, temperatura media anual 20°C. Se utilizó como base el mapa realizado por relevamiento Geopedológico con estratificación de unidades jerárquicas anidadas de Paisaje-Modelado-Geoformas con muestreo razonado, y las FPT para diferentes ambientes de USA, incluidas en el software Soil Water Characteristics (SWC) 6.02.71 y el ArcGis 10.4 para el mapeo e interpolación de la información. Se estimó el AU de 300 horizontes, se validaron con tablas por textura de uso internacional y se calculó el promedio ponderado por espesor de horizonte para obtener el AU de los 78 perfiles disponibles. En el mapa discreto se asignó a cada UM el valor del AU del suelo dominante y para el mapa continuo se interpoló el AU de todos los perfiles. Las AU estimadas, aún sin validación con valores medidos, ajustaron con los valores de tablas internacionales por textura, excepto en texturas gruesas extremas. En los mapas continuos las Clases por AU y la superficie fueron: menor a 100 mm/m 59.817 ha, 101-120 mm/m 46.652 ha, 121 a 140 mm/m 124.758 ha, 141 a 170 553.108 ha, mayor a 170 mm/m 99.223 ha, identificándose áreas hacia el SO con mayores valores de AU, al NO y NE con valores medios y menores al SE. Información útil para el diseño y operación del sistema de riego y proponer manejo específico de oportunidades y láminas de riego. Los mapas confirmaron su utilidad para identificar situaciones que ameritan un manejo de sitio específica, e input importante disponible para la futura aplicación de modelos hidrológicos distribuidos en el área. Las FPT resultaron adecuadas al objetivo, pero no se descarta la necesidad de su validación y/o desarrollar FPT de sitio específicas y promover una base de datos compartida y abierta de datos medidos.

Palabras clave: cartografía suelo, agua útil, pedotransferencia





VARIABILIDAD TEMPORAL DEL NIVEL FREÁTICO DE UN HUMEDAL SALINO Y SU INFLUENCIA EN LOS SUELOS

Barbosa, O.A.¹; D.A. Riscosa¹, R.A. Cerda¹, D.N. Belgrano Rawson¹, V.V. Scally¹

¹ Facultad de Ingeniería y Cs Agropecuarias, UNSL,
Ruta Nacional 55 extremo norte, Villa Mercedes (San Luis),
baldibarbosa@yahoo.com.ar.

RESUMEN

Los humedales de San Luis (Argentina) se caracterizan por su elevado nivel freático. Nuestro objetivo fue estudiar la dinámica y salinidad de la freática y su relación con la génesis de suelo. Se determinó mensualmente las precipitaciones y el nivel freático en los tipos fisonómicos establecidos entre mayo 2015 a mayo 2022. Asimismo, se determinaron diferentes parámetros de la freática en forma bimestral y trimestral desde mayo 2015 a diciembre 2017. Los resultados de la profundidad a la freática muestran que la variación fue significativa a lo largo del tiempo, y que evolucionó de manera diferentes en los distintos tipos fisonómicos, siendo la interacción negativa entre ambos factores. En el monte halófilo las precipitaciones en exceso percolan en profundidad hacia el nivel freático (Haplustol típico). En el matorral halófilo el ascenso capilar es importante porque provee de sales a menor profundidad del suelo (Ustortente típico). Los parches de arbustal halófilo rastreado, praderas halófilas y playa salina sufren el sellado de los suelos por dispersión con sodio, provocando escurrimiento superficial e inundación (Epiacuentes típicos). A su vez los ascensos capilares saturan los suelos con agua y sales. En periodos más lluviosos, las sales son lavadas por las precipitaciones y según donde ocurra, las sales drenarán o escurrirán por la superficie. Todos estos procesos se correlacionan perfectamente con la aparición de rasgos redoximórficos y la clasificación taxonómica como así también con los tipos fisonómicos encontrados. Se concluye que: a) los patrones de oscilación de la freática explican la presencia de cada tipo fisonómico y de cada suelo del sector. b) esta oscilación de la freática estacional responde principalmente a la evolución temporal de las componentes verticales del mismo (lluvia, evapotranspiración). c) el movimiento de la freática y sales en los suelos de estos humedales explica los procesos pedogénéticos de los suelos.

Palabras clave: Profundidad a la freática, salinidad, génesis de suelos.

INTRODUCCION

Los humedales son ambientes que están frecuentemente o permanente inundados (Barbosa, 2020), lo que determina el desarrollo de suelos hidromórficos y de vegetación hidrófita (Barbosa *et al.*, 2014). El problema es más complejo cuando el agua es salina, ya que estos suelos originan complejos gradientes ambientales que condicionan aún más la distribución de la vegetación (Barbosa *et al.*, 2012) y poseen un componente espacial, al existir zonas con mayor acumulación de sales o inundaciones más prolongadas, pero también temporales, al secarse el suelo y concentrarse las sales en los periodos secos, o diluirse estas en los meses lluviosos (Álvarez-Rogel *et al.*, 2000). La freática pasa a ser un factor importante en la determinación de patrones de salinización y determina la aparición de ambientes particulares donde se van a instalar organismos especialmente adaptados o que se ven favorecidos competitivamente (Álvarez-Rogel, 1999).

Estudios actuales sobre dinámica de aguas subterráneas han adoptado la dinámica hidráulica basado en la gravedad del flujo de sus aguas (Bredehoeft *et al.*, 1982). Por otro lado, el movimiento de las sales dentro del



perfil del suelo y su acumulación en la superficie está asociado con la concentración salina del nivel freático (de Oliveira, 1997) y es causada por difusión, convección o ambos procesos simultánea o sucesivamente (Lavado et al., 1992).

Una gran porción de la región pampeana posee muy escasa pendiente regional limitando la evacuación de los excesos hídricos ocasionales, favoreciendo la existencia de freática superficiales (Jobbágy et al., 2008). El sur de la provincia de Córdoba también es afectado por recurrentes eventos de inundaciones (Cantero et al., 1998) y en San Luis han aparecido nuevos cursos superficiales de agua (Jobbágy et al, 2015).

Debido a los escasos antecedentes especialmente en estos ecosistemas, nuestro objetivo fue estudiar cómo afectan la dinámica y el contenido salino de la freática a la génesis de suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica a unos 7 km al norte de la ciudad de Villa Mercedes, en una depresión que se denomina "Bajo Las Saladas". Se localiza a los 33° 37' de latitud Sur y 65° 25' longitud Oeste, con una elevación máxima de 505 msnm y una superficie de 84,2 ha.

Para el mismo sector, Pacheco et al. (2010) determinaron los tipos fisonómicos y Barbosa et al. (2014) los suelos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos fisonómicos, especies dominantes y clasificación taxonómica de suelos.

Subpaisaje	Tipo fisonómico	Especie dominante	Suelo
Sector llano	Monte halófilo (Mth)	<i>Prosopis caldenia</i> y <i>Geoffroea decorticans</i>	Haplustol típico
Sector alto	Matorral halófilo (Mh)	<i>Atriplex spp.</i> (zampa)	Ustortente típico
Sector bajo con salinidad en superficie	Parches de arbustal halófilo rastrero (Pahr)	<i>Sarcocornia neei</i> (jume)	Epiacuyente típico
	Pradera halófila abierta (Pha)	<i>Distichlis spicata</i>	Epiacuyente típico
	Pradera halófila densa (Phd)	(pasto salado)	Epiacuyente típico
Cauce y lagunas temporarias	Playa salina (Ps)	Suelo desnudo	Epiacuyente típico

El subpaisaje llano corresponde al sector más alto del sector y se caracteriza por la presencia de especies como *Prosopis caldenia* ("Calden") y *Geoffroea decorticans* ("Chañar"), altamente deseables por su madera y que prácticamente han dejado de encontrarse en forma de bosques en el sector, presentándose en forma secundaria un monte halófilo (Figura 1).



Figura 1. Perfil de distribución de la vegetación del área de estudio (Ds: *Distichlis spicata*; Jr: *Jodina rhombifolia*; Su: *Suaeda patagonica*; Pc: *Prosopis caldenia*; Sp: *Sarcocornia neei*; Sf: *Schinus johnstonii*; Au: *Atriplex sp.*; Cm: *Condalia microphylla*; St: *Stipa sp.*; Gd: *Geoffroea decorticans*). Modificado de Barbosa (2020).

El sector alto comprende matorrales halófilos de *Atriplex undulata* y *Atriplex lampa* ("Zampa"), que termina muchas veces abruptamente en forma de un pequeño barranco.

Prosigue un sector intermedio que posee pendientes cortas con salinidad en superficie donde se encuentran parches de arbustal halófilo rastrero compuesto por *Sarcocornia neei* ("Jume") como especie dominante. Posteriormente se encuentra un sector bajo con salinidad en superficie que posee una pradera halófila con *Distichlis spicata* ("Pasto salado") como especie dominante. Esta pradera se encuentra en forma abierta donde el "Pasto salado" se encuentra dominando al suelo desnudo o de manera densa, siendo lugares con inundaciones temporales y aparición de algas.

Por último aparece un sector con inundaciones periódicas, las playas salinas, que se corresponden con los sectores más bajos, con pequeños cauces efímeros en épocas de lluvias o donde el agua forma encharcamientos y lagunas temporarias.

Se ubicaron entre 8 a 12 parcelas para cada tipo fisonómico y en cada una de ellas se observó la profundidad al nivel freático (con barreno) en forma mensual (excepto para el monte halófilo) entre mayo 2015 a mayo 2022 y se realizó la extracción de muestras de agua freática en los diferentes tipos fisonómicos (mayo 2015 a diciembre de 2017).

Se determinaron en laboratorio diferentes parámetros de salinidad del agua freática de acuerdo a diferentes técnicas analíticas según el Sistema de Apoyo Metodológico para Laboratorios de Suelos y Aguas (1995). Las variables evaluadas fueron analizadas estadísticamente por Análisis de Varianza (ANOVA) y diferencia límite significativa (método de Tukey) previa homogeneidad de varianza a través del software STAGRAPHICS Centurion XVI ®.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza de medidas repetidas ($p < 0,05$) mostró que la variación del nivel freático fue significativa a lo largo del tiempo, y que evolucionó de manera diferentes en los distintos tipos fisonómicos, siendo la interacción negativa entre ambos factores. En todos los meses el matorral halófilo de *Atriplex* spp. presentó el agua significativamente más profunda que los otros tipos fisonómicos (Figura 2), mientras que para el resto las diferencias se obtuvieron sólo en algunos meses. En años secos, estas diferencias entre tipo fisonómicos fueron más evidentes. La playa salina estuvo encharcada, o con el agua muy cerca de la superficie, durante varios meses al año mientras que las zonas ocupadas por las praderas halófilas de *Distichlis spicata* y los parches de arbustal halófilo rastrero de *Sarcocornia neei* como especies dominantes tuvieron condiciones intermedias entre la playa salina y los matorrales halófilos de *Atriplex* spp.

Los promedios anuales de precipitación disminuyeron progresivamente a partir de 2015 (1205 mm para 2015; 771 mm para 2016; 553 mm para 2017; 458 mm para el 2018; 469 mm para el 2019; 441 mm para el 2020 y 660 mm para el 2021) mientras los patrones de las freáticas acompañaron esta disminución.

En la Figura 3 se observa la oscilación de la salinidad (conductividad eléctrica en dS m^{-1} , CE), con aumento en invierno-primavera y disminución en verano-otoño pero con un marcado descenso de sus niveles. Los parches de arbustal halófilo rastrero presentaron la mayor disminución de CE (68 %); continuando las praderas halófilas abierta y densa con valores muy cercanos entre ellas (59 y 58 % respectivamente); el matorral halófilo (46 %) y la playa salina (35 %).

Entre los aniones todos disminuyeron sus valores en los diferentes tipos fisonómicos. Los cloruros descendieron entre 58 y 95 %; los carbonatos y bicarbonatos 30 y 82 % y los sulfatos entre 26 y 98 %.

Los cationes en general también disminuyeron sus niveles. El sodio descendió entre 35 y 97 %, el potasio entre 65 y 98 %, el magnesio entre 66 y 96 %, pero el calcio aumento en las playas salinas y praderas halófilas (31 a 60 %), mientras en los parches de arbustal halófilo rastrero y matorral halófilo disminuyeron (13 y 83 % respectivamente).



La relación de absorción de sodio (RAS) también disminuyó en todos los tipos fisonómicos. Los matorrales halófilos fueron los que más disminuyeron (90 %); las praderas halófilas abiertas y densas (77 y 68 % respectivamente); los parches de arbustal halófilo rastrero (55 %) y la playa salina (9 %).

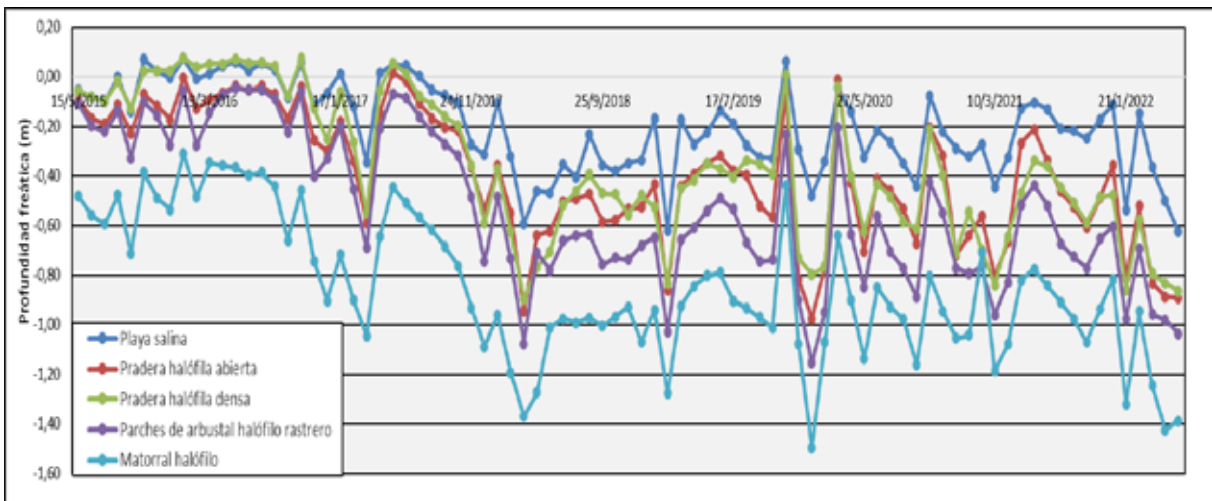
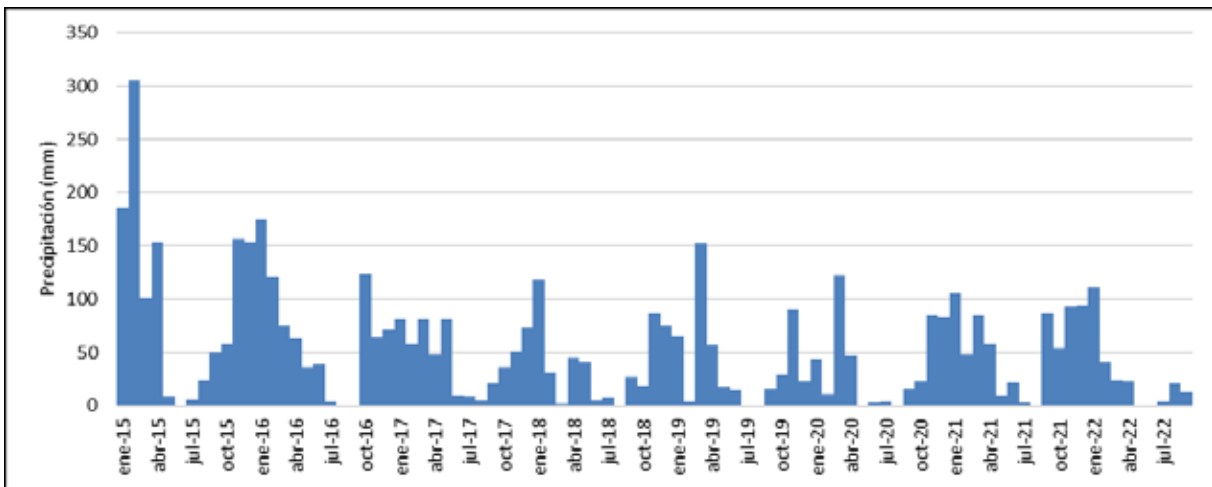


Figura 2. Patrones de oscilación de la freática de los distintos tipos fisonómicos para el periodo mayo/2015 a mayo/2022 con las precipitaciones del sector.

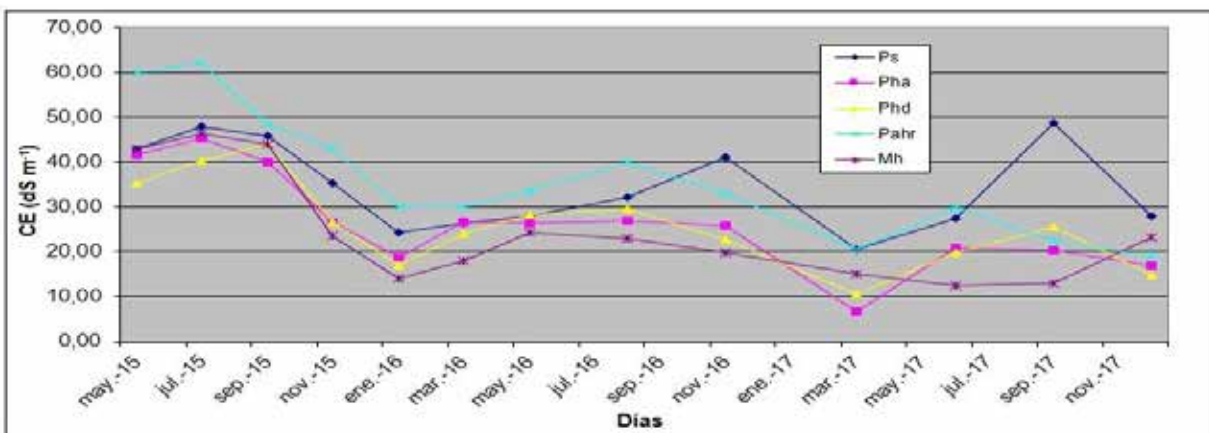


Figura 3. Contenidos promedio de la CE (dS m^{-1}) para los diferentes tipos fisonómicos y el periodo considerado.



De acuerdo a Barbosa (2020), se tiene que el matorral halófilo por las altas precipitaciones presenta una fuerte percolación que produce el lavado de las sales, mientras los otros tipos fisonómicos presentaron un fuerte escurrimiento superficial por dispersión del primer horizonte.

La depresión salina por poseer escasa pendiente, se caracteriza por que predominan dos tipos de movimientos de agua (Figura 4). El vertical, especialmente ascenso capilar del agua freática, naturalmente salina, que de esta manera llega a la superficie en donde finalmente se evapora, permaneciendo la sal. Y el horizontal, dominado por escurrimiento superficial (por dispersión del primer horizonte) y el movimiento lateral de la freática. Por lo tanto, estos movimientos del agua tienen especial importancia en el modelado y movimiento de las sales en estos tipos de ambientes, destacando lo que sucede en periodos secos y húmedos.

Durante las épocas secas, especialmente a la salida del invierno (agosto y septiembre) con predominio de vientos generalmente del norte (seco y cálido), en los tipos fisonómicos donde el suelo desnudo abarca mucha superficie (playa salina, pradera halófila abierta y parches de arbustal halófilo rastrero) el viento levanta la sal pulverulenta que ha llegado a través de escurrimiento superficial o del ascenso capilar y precipitada en superficie por evaporación; trasladándola a otros tipos fisonómicos, algunas veces en forma de torbellinos blancos.

En los periodos más lluviosos, las sales son lavadas por las precipitaciones. En los tipos fisonómicos como el monte halófilo y el matorral halófilo, se lavan las hojas y ramas, llegando al suelo donde percolan hacia la freática. En los parches de arbustal halófilo rastrero y praderas halófilas, con suelos Epiacuentes típicos, las hojas son lavadas de sales, especialmente las praderas de *Distichlis* que las acumulan en sus hojas, escurriendo superficialmente ya que dichos suelos se sellan en superficie por su alto contenido de sodio. En las zonas más bajas, playas salinas, donde escurren todas las sales de los tipos fisonómicos superiores y cuando el agua finalmente es evaporada, la sal aparece de nuevo en superficie por evaporación para iniciar nuevamente todo el proceso. Asimismo, todos estos tipos fisonómicos poseen sales superficialmente por ascenso capilar de la freática salina.

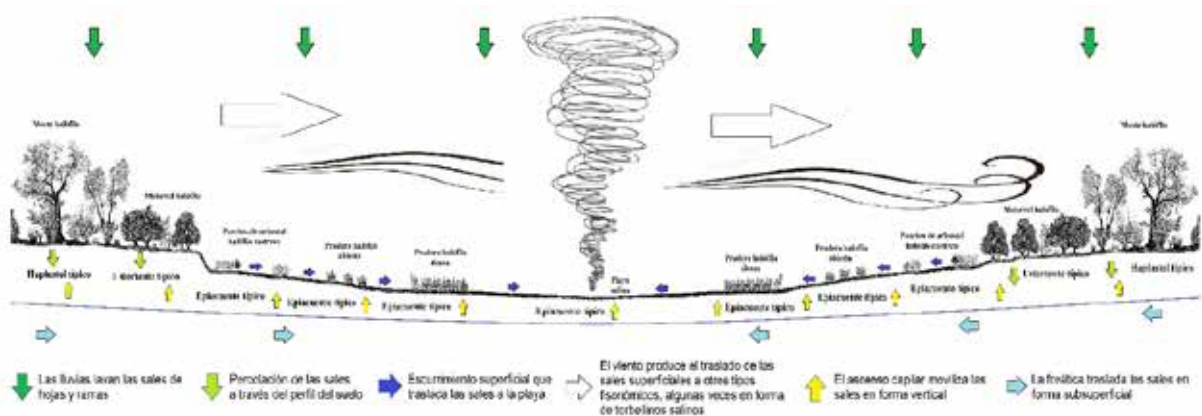
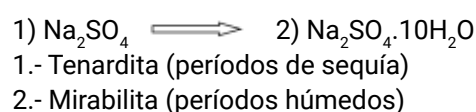


Figura 4. Modelado conceptual del movimiento de las sales en el sector de estudio (Barbosa, 2020).

El Na^+ como catión y el SO_4^- entre los aniones, son los iones que se encuentran en mayor cantidad en los suelos y freática del sector de estudio, dando lugar a Na_2SO_4 como la sal más frecuente. Esta sal varía su composición molecular en función de la humedad del suelo, dando lugar a dos especies minerales:



Por efecto de la evaporación, esta sal es transportada a la superficie del suelo con el resto de las sales, pero la influencia de la temperatura sobre su solubilidad condiciona su presencia en superficie.



Durante la época fría y si la misma es húmeda, cuando las otras sales pueden ser lavadas hacia horizontes más profundos o escurridas fuera del humedal, la mirabilita queda en superficie debido a que su insolubilidad aumenta con el descenso de temperatura. Estos cambios, en función de la temperatura y la humedad, pueden hacer variar la especie cristalizada, encontrándose muchas veces ambas especies en el humedal. En épocas de fuerte evaporación se forma tenardita.

En algunas playas salinas, fueron encontrados algunos ejemplares de poco tamaño de "rosa del desierto". Es una roca evaporítica compuesta de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). La cristalización de rosas del desierto se asocia con ambientes fuertemente evaporíticos ricos en aguas sulfatadas. Esta agua se dispersa en el sedimento arenoso, se evapora y precipita yeso en numerosos cristales que se intersecan y crecen entre ellos.

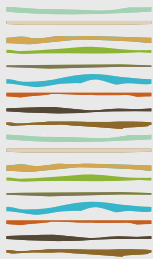
CONCLUSIONES

Se concluye que: a) los patrones de oscilación de la freática explican la presencia de cada tipo fisonómico y por ende de cada suelo que ocurre en el sector. b) esta oscilación de la freática estacional responde principalmente a la evolución temporal de las componentes verticales del mismo (lluvia, evapotranspiración). c) el movimiento de la freática y sales en los suelos de estos humedales explica los procesos pedogénéticos que ocurren en el sector.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez-Rogel J. 1999. Relaciones suelo-vegetación en saladares del SE de España, en Tesis Doctorales de la Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia. Publicación en CD-ROM.
- Álvarez-Rogel J., F. Alcaraz-Ariza & R. Ortiz-Silla. 2000. Edaphic gradients and plant zonation in mediterranean salt-marshes of SE Spain. *Wetlands* 20:357-372.
- Barbosa O.A., M.C. Pacheco, J.L. Mores & J. Álvarez-Rogel. 2012. Propiedades edáficas de un humedal salino de San Luis (Argentina). X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola y XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Londrina, Brasil.
- Barbosa O.A., J. Álvarez-Rogel, M.C. Pacheco Insausti, J.L. Mores, R.A. Cerda, D.N. Belgrano Rawson, P.J. Casale, V.V. Scally & D.A. Risco. 2014. Morphology of soils the saline wetlands of San Luis center. XXXII Reunión Científica anual de la Sociedad de Biología de Cuyo. Estancia Grande (San Luis, Argentina).
- Barbosa O.A. 2020. Relaciones entre los tipos fisonómicos de vegetación y los suelos de un bajo salino del centro este de San Luis (Argentina). Tesis doctoral UNRC.
- Bredehoeft J.D., W. Back & B.B. Hanshaw. 1982. Regional groundwater flow concepts in the United States: historical perspective. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 189:297-316.
- Cantero G.A., M. Cantú, J. Cisneros & J. Cantero. 1998. Las tierras y aguas del sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable. Editorial Universidad Nacional de Río Cuarto.
- de Oliveira M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. 1997. En: Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Ed. H.R. Gheyi, J.E. Queiroz e J.F. de Medeiros. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande, Brasil. 383p.
- Jobbágy E.G., M.D. Noretto, H.O. Bernasconi, J.C. Colazo, M.J. Galvan, J.L. Mercou, C.A. Saenz, E.R. Colazo; C.E. Larrusse, A.A. Marchi, O.A. Barbosa, A. Giaccardi, M.M. Hellmers, & D. Martínez Álvarez (ex aequo). 2015. Nuevos cursos de agua en la cuenca El Morro: descripción del fenómeno y pautas para su gestión. Consejo provincial de Ciencia y técnica, desarrollo e innovación. Gobierno de la pcia de San Luis. 24 pp.
- Jobbágy E.G., M.D. Noretto, C.S. Santoni & G. Baldi. 2008. El desafío ec hidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco Pampeana. *Ecología Austral*, 18:305-322.
- Lavado R.S., G. Rubio & M. Alconada. 1992. Grazing management and soil salinization in two pampean Natraqualfs. *Turrialba*, 42:500-508.
- Pacheco Insausti M.C., O.A. Barbosa, J.L. Mores & J. Álvarez-Rogel. 2010. Physiognomy of the central sector of the "Bajo Las Saladas" (San Luis, Argentina). *Biocell* 35 (1):A24.
- Sistema de Apoyo Metodológico para Laboratorios de Suelos y Aguas (SAMPLA). 1995. SAGyP de la Nación, 150 p. Buenos Aires, Argentina.





EVIDENCIAS DE EVOLUCIÓN DE SUELO SOBRE SEDIMENTOS EÓLICOS DE ACUMULACIÓN RECIENTE EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO

Berger, M.G.^{1,*}, L. A. Iturri^{1,2}, D. E. Buschiazzo¹

¹ Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP, CONICET-UNLPam), Santa Rosa, Argentina;

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. FA-UNLPam, Santa Rosa, Argentina;

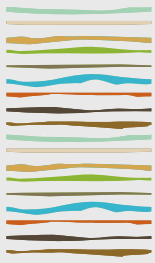
*Mendoza 109 (6300) Santa Rosa, La Pampa, mgberger@conicet.gov.ar

RESUMEN

El tiempo es el factor formador de suelos cuya medición supone más dificultades. La existencia de una capa de ceniza volcánica depositada en el año 1932 por la erupción del volcán Quizapú (Chile) en el subsuelo del ecosistema del Caldenal, se convierte en un nivel cronológico preciso que permitiría cuantificar, primero, la tasa de depositación, y luego, la de formación del horizonte superficial y suprayacente a dicha capa. Este último, habría sido formado a partir de sucesivos eventos de depositación eólica y de aporte de biomasa a lo largo de los últimos 90 años. Con el objetivo de evaluar el grado de pedogénesis del horizonte superficial de suelos del semiárido en el este de la provincia de La Pampa, se realizó un muestreo a lo largo de dos transectas orientadas S-N en el área de mayor depositación de la ceniza volcánica que es detectable al presente. Cada transecta, una orientada al O y la otra al E, constó de 3 sitios donde se describieron perfiles de suelo de bosques de caldén (*Prosopis caldenia*) escasamente disturbados y con cobertura uniforme. En cada uno de ellos, se determinó el espesor (en cm) del horizonte superficial y la profundidad de la capa de ceniza volcánica. Además, se evaluaron a campo y por triplicado, los atributos morfológicos del horizonte superficial: color, de acuerdo a la sistemática de Munsell, textura al tacto, y el tipo, la clase y el grado de estructura. En los sitios al O se identificaron menores espesores del horizonte superficial, con valores mínimos de 3 cm en el punto al SO, que en los sitios al E, en los cuales el espesor del horizonte superficial presentó valores máximos de 25 cm al NE. Esto indicó una mayor tasa de depositación al E que al O, la cual podría estar dada por un mayor uso de la tierra en ese sentido, en relación con un predominio de la agricultura por sobre la ganadería. La textura del horizonte superficial fue más gruesa al O (predominio de la fracción arena fina) que al E (predominio de limo). Esto estaría indicando una depositación de materiales más finos hacia el NE. El tipo (granular y bloques subangulares) y clase (entre muy fina <10 mm, y fina 10-20 mm) de estructura fue, en general, similar para todos los sitios estudiados. Sin embargo, el grado de desarrollo de la estructura de los horizontes superficiales al E fue de moderada a fuerte mientras que de moderada a débil al O. Esto estaría indicando una mayor pedogénesis del horizonte superficial en la dirección O-E, coincidiendo con la mayor tasa de depositación y textura más fina, y las más altas temperaturas y precipitaciones medias anuales en ese mismo sentido. Dicha tendencia deberá confirmarse con indicadores cuantitativos precisos del grado de evolución del suelo.

Palabras clave: pedogénesis, granulometría, ústico





EVOLUCIÓN DE SUELO SOBRE SEDIMENTOS EÓLICOS DE ACUMULACIÓN RECIENTE Y POTENCIAS VARIABLES EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA

Berger, M. G.^{1,*}, L. A. Iturri^{1,2}, D. E. Buschiazzo¹

¹ Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP, CONICET-UNLPam), Santa Rosa, Argentina;

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. FA-UNLPam, Santa Rosa, Argentina;

*Mendoza 109 (6300) Santa Rosa, La Pampa, mgberger@conicet.gov.ar

RESUMEN

Existen evidencias de que el ecosistema del Caldenal de la Región Semiárida de Argentina (RSA) funciona como sumidero de sedimentos eólicos provenientes de distintas fuentes. También, de la existencia de una capa de ceniza volcánica depositada en 1932, sobre la cual se acumulan dichos sedimentos. Sin embargo, se desconoce el efecto que podría tener la depositación de sedimentos reciente y variable en la distancia (de barlovento a sotavento), en la formación del suelo. Por ello, se evaluaron las propiedades físicas, químicas y morfológicas del horizonte superficial (Ah) del suelo de un bosque de Caldén, que evoluciona sobre la capa de ceniza volcánica depositada en 1932. El muestreo se realizó en 3 transectas orientadas de N a S, la dirección de los vientos más erosivos. En cada una se tomaron 6 muestras, desde barlovento (0 m) y a distancias de 5, 25, 50, 100 y 250 m a sotavento. Los resultados indicaron un mayor espesor del Ah a barlovento, el cual estaría asociado con una mayor depositación de sedimentos eólicos de tamaño arcilla y limo, y de carbono orgánico (C). La medición del espesor del horizonte Ah formado en los últimos 90 años, permitió calcular una tasa media de sedimentación de materiales eólicos de 0,2 cm/año. El mayor espesor del Ah junto con un mejor desarrollo de estructura y mayor stock de C a barlovento que a sotavento, estaría indicando una mayor pedogénesis a barlovento.

Palabras clave: pedogénesis; carbono orgánico; erosión eólica

INTRODUCCIÓN

Los suelos de la RSA evolucionan sobre loess (Zárate, 2003). El viento re transporta preferentemente sedimentos de tamaño limo, ricos en C y otros elementos, desde los suelos que erosiona (Aimar y Buschiazzo, 2012; Iturri *et al.*, 2017). Estos sedimentos se estarían acumulando en los suelos forestales de la RSA (del Caldenal pampeano) (Iturri *et al.*, 2016), dando como resultado un engrosamiento del Ah y un enriquecimiento de limo y C. El espesor de dicho horizonte se puede medir fácilmente en la actualidad, debido a que yace sobre una capa de ceniza volcánica, de entre 10 a 30 cm de espesor, acumulada en 1932 durante la erupción del volcán Quizapú (Larsson, 1937). Esto último representa una ventaja metodológica para cuantificar la tasa de depositación de sedimentos y el grado de evolución del suelo que evoluciona sobre dichos materiales, en un ambiente semiárido.

Existen pocos estudios acerca de los efectos que tendría la depositación reciente de sedimentos eólicos sobre los suelos, y las consecuencias que la acumulación variable en la distancia (mayor a barlovento que a sotavento) de materiales texturalmente finos, ricos en especies químicas como el C, tendría sobre los procesos edáficos y el ambiente. Por un lado, la acumulación de arcilla y limo sobre la capa de ceniza volcánica estaría generando diferencias en la porosidad del horizonte Ah respecto de la de la capa de ceniza, dando como resultado una mayor capacidad de retención de agua y mayor pedogénesis. Por otro lado, el transporte y acumulación de sedimentos eólicos orgánicos e inorgánicos de variada composición modificaría la



distribución espacial y temporal de distintos elementos en el ecosistema, lo que afectaría algunos servicios ecosistémicos, como el secuestro de C. Por ello, el objetivo de este trabajo es conocer las variaciones en las propiedades físicas, químicas y morfológicas del horizonte Ah de un suelo del ecosistema forestal pampeano, formado por la sedimentación reciente y de distinta magnitud en función de la distancia, de materiales eólicos de variada composición.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue llevado a cabo en un bosque de Caldén escasamente disturbado, ubicado en un establecimiento de producción agrícola de la localidad de Eduardo Castex, La Pampa (35° 48' 30,57" S; 64° 20' 08,35" O). El suelo fue caracterizado como Haplustol Éntico y elegido debido al buen estado de preservación de la capa de ceniza volcánica (Figura 1 a). Se realizaron la descripción del perfil de suelo y se observaron y registraron sus rasgos morfológicos predominantes, tales como color y estructura (Etchevehere, 1976).

El muestreo se realizó en 3 transectas separadas 50 m entre sí, orientadas desde barlovento a sotavento y en la dirección N-S (Figura 1 b), a fin de evaluar la incidencia de los vientos del N, los cuales son los más erosivos (Panebianco *et al.*, 2010). Dentro de cada transecta se tomaron 6 muestras del Ah (en superficies de 30 cm² hasta la capa de ceniza volcánica) desde barlovento (0 m) y luego a distancias de 5, 25, 50, 100 y 250 m a sotavento. Se midió el espesor del Ah en cada punto y se calculó la tasa media de sedimentación de materiales eólicos (en cm/año).

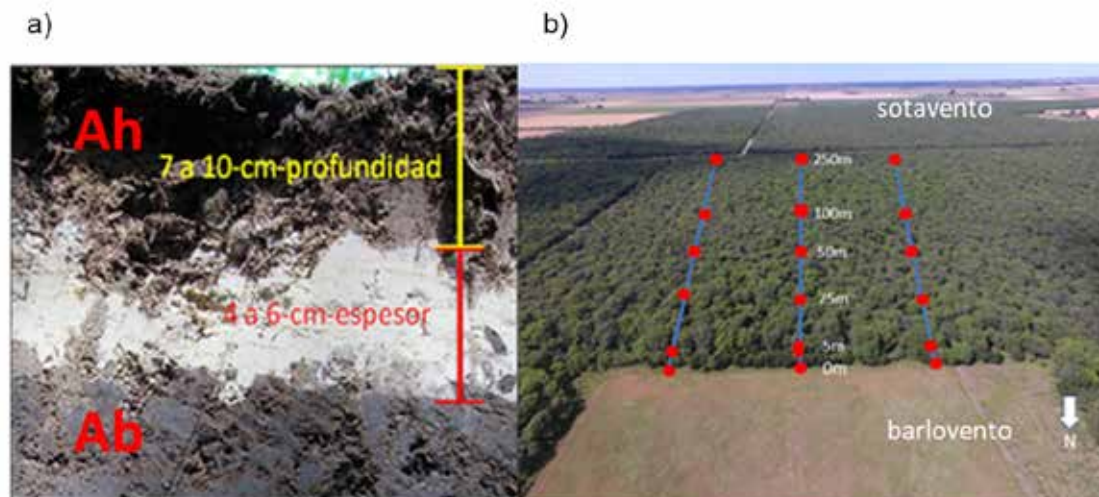


Figura 1. a) Horizonte superficial (Ah), capa de ceniza volcánica depositada en 1932 y horizonte subyacente a la capa de ceniza (Ab) y b) representación esquemática del muestreo.

Sobre muestras de suelo secas y tamizadas a través de malla de 2 mm se analizó la composición granulométrica mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos (Gee y Bauder, 1986) y C orgánico por digestión húmeda (Norma IRAM-SAGPyA 29571-3:2011).

Sobre muestras sin disturbar, tomadas en los mismos puntos descriptos anteriormente, se analizó la distribución de agregados a través del método de tamiz rotativo (Chepil, 1962). Con los resultados, se calculó la fracción erosionable (FE) es decir, el porcentaje de agregados de tamaño menor a 0,840 mm (Colazo y Buschiazzi, 2010) y la estabilidad estructural en seco (Skidmore *et al.*, 1994).

Los contenidos de las fracciones texturales (arcilla y limo) y de C orgánico entre puntos de las transectas, se comparó por ANOVA simple (ANalysis Of VAriance), a un nivel de significancia (α) de 0,05, por medio de Microsoft Excel/2019 e Infostat/Professional versión 1.1 (Di Rienzo *et al.*, 2002). El objetivo de la comparación de dichas variables, fue identificar el efecto de su distribución diferencial, en las propiedades morfoquímicas del horizonte Ah del bosque de caldén estudiado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El espesor del Ah disminuyó hacia sotavento (Figura 2). El mayor espesor (23,5 cm) se dio a 5 m ($p < 0,05$). Los espesores a 25, 50 y 100 m fueron similares entre sí ($p > 0,05$), de 10,2 cm en promedio. El punto situado a 250 m presentó un espesor de 7,0 cm ($p > 0,05$), similar que aquellos a 50 y 100 m, aunque menor que a 25 m (13 cm) ($p < 0,05$). El bosque de Caldén habría generado una disminución de la energía de transporte del viento mayor a distancias más grandes. Esto habría desencadenado la mayor depositación de sedimentos eólicos hacia barlovento que hacia sotavento. Estudios similares desarrollados en ecotonos de ambientes semiáridos de Estados Unidos (ej. Van Pelt y Zobeck, 2007) han reportado similares tendencias de depositación en función de la distancia. La tasa de sedimentación de materiales eólicos en los primeros metros, 5 y 25, correspondientes a los puntos de mayor espesor, fue de 0,3 y 0,2 cm/año, respectivamente. Sin embargo, a los 50, 100 y 250 m, fue de 0,1 cm/año.

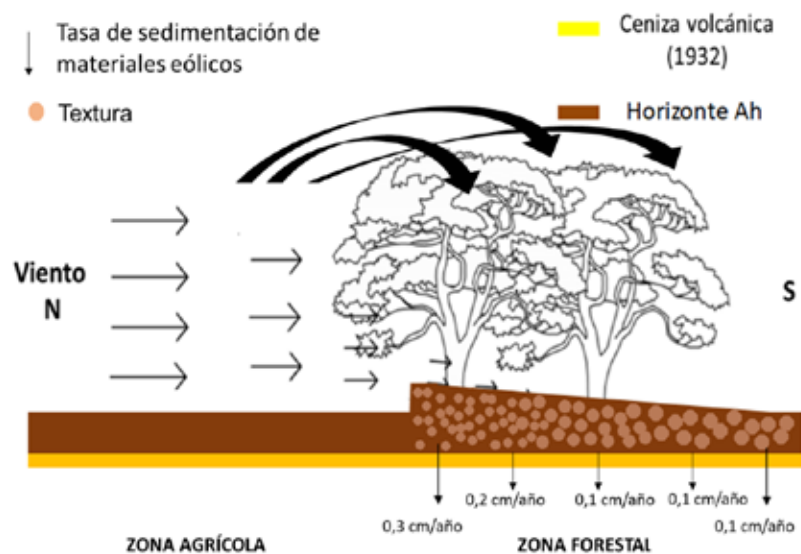


Figura 2. Representación gráfica de los resultados encontrados, indicando las tasas de depositación calculadas y el espesor y la granulometría del horizonte superficial (Ah) en función de la distancia.

La tasa media de sedimentación fue de 0,2 cm/año. Valores similares de 0,3 cm/año fueron encontrados por Tabarini et al. (2019), en un estudio realizado en Esquel (Patagonia Argentina) donde se compararon espesores de suelo en base a la capacidad de entrappe de partículas transportadas por el viento en plantaciones de pino ponderosa y pastizales adyacentes, tomando como referencia la capa de ceniza depositada luego de la erupción del volcán Chaitén (Chile) en el año 2008. Las similares tasas de sedimentación encontradas en el mencionado estudio (10 años de sedimentación) y en el presente (90 años de sedimentación), estarían indicando un menor entrappe de partículas del Caldénal (de menor altura y cobertura) que en los de pino ponderosa y pastizales. Conocer la tasa de depositación de materiales eólicos en suelos de la RSA se constituye en una referencia para ponderar las pérdidas (en cm) que se producen en los suelos agrícolas, debido al efecto combinado de su susceptibilidad a la erosión eólica y el manejo.

La concentración de arcilla en el Ah disminuyó hacia sotavento. Los puntos 0 y 5 m presentaron los mayores contenidos de esta fracción (15 % en promedio, $p > 0,05$). La concentración de limo, a pesar de ser la fracción granulométrica más fácilmente transportada por el viento (Aimar y Buschiazzo, 2012), se mantuvo uniforme en función de la distancia (48%, $p > 0,05$), no obstante estudios previos desarrollados en el mismo sitio, mostraron evidencias de enriquecimiento en los primeros metros del suelo del Caldénal (Iturri et al., 2016; Blanco, 2017). La ausencia de variaciones en los contenidos de limo en función de la distancia podría explicarse por los elevados contenidos de limo del suelo (>40 %), frente a los cuales las ganancias registradas no habrían sido significativas. También, por las diferentes distancias evaluadas, siendo de 15 a 20 m desde el borde en los estudios citados, lo cual hace suponer que la acumulación de limo registrada se debió a un efecto de borde. Por último, la concentración de arena varió de manera inversa a la de arcilla, registrando los valores

más altos entre los 25 y 250 m (44 % en promedio, $p < 0,05$), mientras que en 0 y 5 m fueron bajos y similares entre sí (38 % en promedio, $p > 0,05$). Se conoce que el viento produce un transporte diferencial de partículas con diferente tamaño en los suelos, como los de la RSA (Buschiazzo y Taylor, 1993). A bajas alturas y cortas distancias, se transportan partículas y agregados de tamaño grueso (70–1000 μm), mientras que a mayores alturas y mayores distancias, partículas y agregados de tamaño fino, como arcilla y limo (Shao y Lu, 2000). Los sedimentos transportados a baja altura, podrían ser reincorporados al suelo (Doetterl et al., 2012), pero aquellos transportados a grandes alturas se podrían extender por fuera de la zona agrícola erosionada (Chappell et al., 2019; Hoffmann et al., 2008; Neger et al., 2017; Sharratt et al., 2015). De esta manera, podría explicarse la mayor proporción de arcilla depositada a barlovento. Los mayores niveles de arcilla a barlovento determinarían una mayor capacidad de retención de agua que resultaría en una mayor humificación del C orgánico y, por lo tanto, una mejor estructura respecto de los puntos más alejados. En tal sentido, la FE presentó valores bajos a 5 y 25 m (en promedio 12%, $p > 0,05$). Valores más altos de FE se encontraron de 50 a 250 m (27 % en promedio, $p > 0,05$) lo cual coincidieron con el aumento de la proporción de arena, dando como resultado un Ah con textura más gruesa y menor agregación que en los puntos más cercanos al borde del bosque (Figura 2).

La concentración de C orgánico fue similar en todos los puntos de la transecta (4,8% en promedio, $p > 0,05$) excepto en 5 m, donde el contenido fue menor (2,0 %). El análisis de stock de C orgánico permitió observar mejor las tendencias de su depositación en función de la distancia, siendo más alto a 5, 25 y 50 m (en promedio $1,4 \times 10^5$ kg/ ha, $p > 0,05$) que a distancias más largas ($9,2 \times 10^4$ kg/ha, en promedio, $p > 0,05$). La sedimentación de materiales orgánicos, livianos y poco descompuestos, por disminución de la energía de transporte del viento al incidir en el dosel, explicaría las tendencias de los stocks de C en función de la distancia encontradas. Así, mayores espesores estarían asociados con mayores acumulaciones de C orgánico, en concordancia con previos resultados obtenidos por Iturri et al. (2016) y Blanco (2017).

CONCLUSIÓN

La tasa media de sedimentación de materiales eólicos fue de 0,2 cm/año, con valores de 0,3 cm/año a barlovento y 0,1 cm/año a sotavento. Por un lado, las altas tasas de sedimentación hacia barlovento se darían por una combinación de dos tipos de transportes, el de baja altura y corta distancia, y el de grandes alturas y largas distancias mientras que, las tasas menores de sedimentación a sotavento podrían deberse al transporte de materiales eólicos a grandes alturas y largas distancias. La acumulación variable de sedimentos eólicos produjo espesores variables del horizonte Ah. El mayor espesor hacia barlovento estuvo asociado con mayores proporciones de arcilla, limo y C orgánico, lo que determinó texturas más finas y una mejor agregación respecto a los puntos a sotavento. El menor espesor a sotavento estuvo relacionado a una textura gruesa y escasa agregación. Mayores contenidos de fracciones texturales finas y C orgánico hacia barlovento determinarían una mayor capacidad de retención de agua y de humificación del C, por ende, una mejor estructura y mayor grado de evolución del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por los proyectos PICT 2017 N°2111, PIO-CONICET-UNLPam 2015, POIRe UNLPam 2019-02 y 158-19 FA-UNLPam.

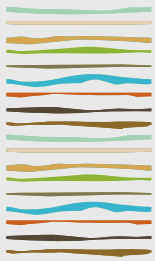
BIBLIOGRAFÍA

- Aimar, S.L., y Buschiazzo, D.E., 2012. Procesos y predicciones. Erosión eólica. p 21 - 30.
- Blanco, A.L., 2017. Variación espacial de las propiedades fisicoquímicas de suelos agrícolas y del caldenal de dos sitios climáticamente contrastantes de La Pampa. Tesis para acceder al grado de Licenciada en Química, FCEyN, UNLPam. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- Buschiazzo, D.E., y Taylor, V., 1993. Efectos de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos de la región Semiárida Pampeana Argentina. Ciencia del Suelo 10, 46 -53.
- Chappell, A., Well, N.P., Leys, J.F., Waters, C.M., Orgill, S., Eyres, M.J., 2019. Minimizing soil organic carbon erosion by wind is critical for land degradation neutrality. Environ. Sci. Policy. 93, 43–52.



- Chepil, W.S., 1962. A compact rotary sieve and the importance of dry sieving in physical analysis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26, 4–6.
- Colazo, J.C., Buschiazzi, D.E., 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma* 159, 228–236.
- Di Rienzo, J.A., Balzarini, M., Casanoves, F., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2002. Infostat/Professional version 1.1.
- Doetterl, S., Van Oost, K., Six, J., 2012. Towards constraining the magnitude of global agricultural sediment and soil organic carbon fluxes. *Earth Surf. Process. Landforms* 37, 642–655.
- Etchevehere, P.H., 1976. Normas de reconocimiento de suelos. Departamento de suelos, INTA, Buenos Aires, Argentina, Publicación N° 152. 211 páginas.
- Gee, G.W. y Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. En: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Second ed. Part -Physical and Mineralogical Methods vol. 1.* SSSA, Madison, p. 383–411.
- Hoffmann, C., Funk, R., Sommer, M., Li, Y., 2008. Temporal variations in PM10 and particle size distribution during Asian dust storms in Inner Mongolia. *Atmos. Environ.* 42, 8422–8431. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.08.014>.
- Iturri, L.A., AVECILLA, F., Hevia, G.G., Buschiazzi, D.E., 2016. Comparing adjacent cultivated- and “virgin” soils in wind erosion affected environments can lead to errors in measuring soil degradation. *Geoderma* 264, 42-53.
- Iturri, L.A., Funk, R., Leue, M., Sommer, M., Buschiazzi, D.E., 2017. Wind sorting affects differently the organo-mineral composition of saltating and particulate materials in contrasting texture agricultural soils. *Aeolian Res.* 28, 39 – 49.
- Larsson, W., 1937. Vulkanische Ashe von Ausbruch des chilenischen Vulkans Quizapu (1932) in Argentina gesammelt. Eine Studie über äeolische Differentiation. *Geological Inst. Uppsala Bull.* 26, 27-52.
- Nerger, R., Funk, R., Cordsen, E., Fohrer, N., 2017. Application of a modeling approach to designate soil and soil organic carbon loss to wind erosion long-term monitoring sites (BDF) in Northern Germany. *Aeolian Res.* 25, 135–147.
- Panebianco, J.E., Buschiazzi, D.E., Zobeck, T. M., 2010. Comparison of different mass transport calculation methods for wind erosion quantification purposes. *Earth Surf. Proc. Land.* 35, 1548-1555.
- Shao, Y. y Lu, H., 2000. A simple expression for wind erosion threshold friction velocity. *J. Geophys. Res.* 105(D17), 22,437-22,443.
- Sharratt, B.S., Graves, L., Pressley, S., 2015. Nitrogen loss from windblown agricultural soils in the Columbia Plateau. *Aeolian Res.* 18, 47–53.
- Skidmore, EL., Hagen, LJ., Armbrust, DV., Durar, AA., Fryrear, DW., Potter, KN., Wagner, LE., Zobeck, TM., 1994. Methods for investigating basic processes and conditions affecting wind erosion. In *Soil Erosion Research Methods*, Lal R (ed.). Soil and Water Conservation Society: Ankeny, IA; 295–330.
- Tabarini, M.M., Gómez, F., La Manna, L., 2019. Ceniza volcánica reciente como indicadora de retención de partículas en los suelos de la Patagonia Andina. *Cienc. Suelo (Argentina)* 37 (1): 101-112.
- Van Pelt, R.S. y Zobeck, T.M., 2007. Chemical Constituents of Fugitive Dust. *Environ Monit Assess* 130, 3–16.
- Zárate, M.A., 2003. Loess of South America. *Quat. Sci. Rev.* 22, 1987–2006.





SUELOS HIDROMÓRFICOS Y PRESIÓN ANTRÓPICA, COMPARACIÓN ESPACIO TEMPORAL MEDIANTE CARTOGRAFIA DIGITAL

Boff, L.D.^{1,2,*}, D. Muntz^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata,

² Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena-Instituto de Geomorfología y Suelos;

* calle 1, nro. 644, (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, lauraboff@fcnym.unlp.edu.ar

RESUMEN

La planicie costera en los partidos de Berisso y Ensenada es una unidad geomorfológica, topográficamente plano-cóncava, con predominio de suelos hidromórficos desarrollados sobre materiales de origen estuárico-marino con granulometrías finas, lo que genera una muy baja velocidad de infiltración y percolación, estas propiedades, además del clima hacen que las aguas permanezcan anegando extensas superficies, durante gran parte del año. Estas zonas deprimidas constituyen importantes áreas reguladoras de eventos de precipitaciones extremas, puesto que funcionan como áreas de almacenamiento temporario de grandes volúmenes de agua escurridos desde la llanura interior. Teniendo en cuenta las características del medio natural y su alto nivel de antropización, el objetivo del trabajo fue realizar un análisis espacio-temporal del avance antrópico sobre los suelos, mediante tecnología de Información Geográfica y cartografía digital, identificar posibles conflictos de uso del suelo y aportar criterios para el ordenamiento territorial en base a las características pedogenéticas. Se determina que la creciente expansión demográfica e industrial, efectuada sobre suelos clasificados como Vertisoles, que en su mayoría pertenecen al a las clases de capacidad de uso VIIws y VIIIws, con alta susceptibilidad a anegamiento e inundación, constituye un importante conflicto de uso. Esta presión antrópica sin planificación se intensificó a lo largo de los cincuenta años analizados. Seguir urbanizando e industrializando sin criterios apropiados, pone en riesgo las funciones ecosistémicas de estos humedales y a la sociedad que es parte del mismo, principalmente a la comunidad más vulnerable. El conocimiento del medio natural sumado al uso de tecnologías de información geográfica y cartografía temática, en base a criterios geopedohidrológicos, permite mejorar las herramientas para establecer criterios adecuados en la toma de decisiones orientadas a un correcto ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.

Palabras clave: suelos, presión antrópica, cartografía digital.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra en el sector litoral noreste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1) en la unidad geomorfológica denominada planicie Costera (Fidalgo y Martínez 1983, Hurtado et al 1997). Se describen dos unidades de acuerdo al origen de sus materiales, fluvio-estuárico y marina (Hurtado et al., 2006). La primera influenciada por la dinámica actual del Río de la Plata, con depósitos originados por la intensa sedimentación inducida por las enormes descargas del Río de la Plata y el transporte litoral (Manassero et al., 2013). La segunda formada por una sucesión de formas de agradación originadas durante el proceso relacionado con el ciclo regresivo del mar holoceno desde hace 6000 años (Cavallotto, 2002). A partir de la variedad composicional y edad de los materiales originarios, las características topográficas plano-cóncavas y el factor bioclimático se desarrolla una amplia diversidad de suelos con marcado proceso de hidromorfismo y condiciones de drenaje deficiente (Camilión et. al. 1998, 2005; Boff et. al., 2000; Gimenez et. al. 2005; Imbellone y Mormeneo, 2011).



La expansión urbana de las ciudades de Berisso y Ensenada emplazadas en el área, se ha acelerado en el último siglo, sin criterios de sustentabilidad, generando una presión antrópica intensa sobre estos suelos vulnerables (Cabral et al, 2016). Teniendo en cuenta las características del medio natural y su alto nivel de antropización se pretende realizar un análisis temporal del avance antrópico sobre estos suelos, mediante tecnología de Información Geográfica y cartografía digital, identificar posibles conflictos de uso del suelo y aportar criterios para el ordenamiento territorial en base a las características pedogenéticas. Para lograr estos objetivos es imprescindible conocer y evaluar las limitantes y potencialidades de estos suelos, sus funciones ecosistémicas como así también las características físicas y antrópicas del medio y su evolución a través del tiempo.

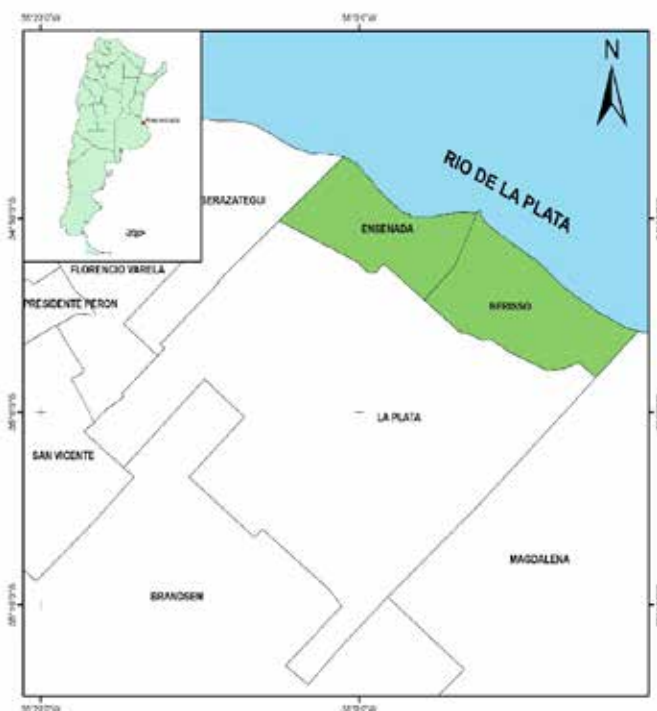


Figura 1 Mapa de ubicación (Fuente: elaboración propia.)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron mediante un Sistema de Información Geográfica fotomosaicos semirrectificados del año 1966 a escala 1:20.000, que fueron escaneados y georreferenciados, e imágenes satelitales de 2016 de alta resolución del servidor BING. Se determinaron sobre las imágenes de ambas épocas diferentes usos del suelo. Mediante la herramienta de geoprocésamiento unión se realizó la comparación temporal y espacial de este periodo de 50 años.

Se seleccionaron e identificaron los siguientes usos: Urbano, baldío, industrial y servicios para el año 1966 y los mismos usos, sumando el uso extractivo, para el año 2016. Este análisis se superpuso con el mapa de suelos, basado en el sistema Taxonomía de Suelos (Soil Survey Division Staff, 2014) y con el mapa utilitario basado en el sistema de Clasificación de Suelos por Capacidad de Uso del Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU. (Klingebiel y Montgomery, 1961), ambos de producción propia.

Las tareas de campo tuvieron dos finalidades por un lado caracterizar los suelos representativos del área de estudio y por otro corroborar in situ los usos identificados previamente mediante el análisis digital.

La caracterización de los suelos en campo se ha realizado mediante la descripción morfológica de perfiles excavados en calicatas representativas de las distintas geoformas (Soil Survey Staff, 2017), además se ex-

trajeron muestras a las que se le efectuaron análisis fisicoquímicos convencionales (Soil Survey Staff, 2014) y posteriormente se clasificaron los suelos por ambos sistemas usados en la cartografía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor parte de los suelos de la planicie costera corresponden a aquellos con sustrato de origen marino, y fueron clasificados dentro de los órdenes Vertisol y Molisol. Los primeros, con mayor extensión areal, corresponden a categorías de capacidad de uso VIws, VIIws y VIIIws. Los Molisoles se desarrollan a partir de acumulaciones conchiles cordoniformes, presentan una limitada distribución espacial y mejor permeabilidad que los Vertisoles. Se asigna a estos suelos la capacidad de uso IVs.

En el sector costero de origen fluvio-estuarío los suelos han sido clasificados a nivel de Orden como Entisoles, en general predominan materiales de textura gruesa (arenosa a franco arenosa) que alternan con capas de granulometría fina (franco arcillo arenosa a arcillosa). Estas últimas tienen menores contenidos de arcilla que los suelos de origen marino y son menos expansivas. A estos suelos se les asigna la clase y subclase de capacidad de uso VIw (Fig 2).

Las condiciones de hidromorfismo que presentan la vasta mayoría de estos suelos de la Planicie Costera, generados por la conjunción de las condiciones hídricas y climáticas, sumadas a la topografía plano-cón-cava, a los materiales originarios y a la vegetación, reflejan el drenaje deficiente. La existencia de este proceso se refleja en la presencia de rasgos hidromórficos en muchos horizontes de los suelos, tales como moteados de hierro, concreciones de hierro-manganeso y colores glei (matices 2.5Y y 5Y). El nivel freático muy cercano a la superficie (40-50 cm) y las oscilaciones del mismo que en ocasiones aflora en superficie, aumentan los riesgos de corrosividad al hormigón y metales de obras civiles implantadas dentro de esa zona de fluctuación en suelos. En la mayoría de las categorías de capacidad de uso la subclase asignada es "ws", o sea que comparten limitaciones por deficiencias en el drenaje e impedimentos en el perfil, principalmente por exceso de sodio intercambiable, sales solubles y texturas extremas.

El área total, de ambos partidos, es de aproximadamente 25.700 ha. En el año 1966 el 90 % del área total estaba desocupada, del 10 % ocupado el 58,26% era uso urbano, el 25,8 % baldío, el 11,8% industrial y el 4,14 % servicios. El mayor porcentaje de la ocupación urbana se desarrollaba sobre suelos de capacidad de uso VII y VIII (46,5 % y 6,8 % respectivamente). Los suelos de mejor capacidad (clase IV, cordones de conchilla) solo estaban urbanizados en un 0,6% y los de capacidad III no presentaban uso y son de muy escasa extensión areal. El uso baldío e industrial se extendía sobre los suelos de peor capacidad (clases VII y VIII) mientras que los servicios de escasa representación areal 4 %, se encontraban en la zona cercana al puerto sobre suelos de capacidad de uso variada entre IV y VII.

En el año 2016 la superficie desocupada era del 75 % y la ocupada del 25 %. De esta última el 47,4 % es urbano, el 27,24 % baldío, el 12 % industrial, el 10,8 % servicios y se suma el uso extractivo en un 2,56%. El 29,5 % del uso urbano se desarrolla sobre suelos de capacidad VII y le sigue el 9% sobre suelos de capacidad VIII. El uso baldío predomina en suelos de capacidad VIII (10,3%) y se extiende también en porcentajes similares (8,7%) sobre suelos de capacidad IV y VII. Tanto el uso industrial como servicios tienen sus mayores porcentajes de ocupación sobre suelos de categorías VII y VIII. Mientras que el uso extractivo se distribuye en suelos de todas las categorías de capacidad de uso con predominio en la Categoría VII. Principalmente el uso industrial y extractivo implican notables modificaciones realizadas a características topográficas, donde se han alterado las cotas naturales, tanto sobreelevándolas, a través del relleno artificial de alrededor de 1,00-1,50 m de espesor sobrepuestos a los suelos naturales, como bajándolas a partir de la extracción de suelo. Los rellenos además de modificar el relieve y generar múltiples consecuencias en el funcionamiento hidrodinámico del ecosistema, son materiales provenientes de extracciones generadas en suelos de zonas de la llanura alta o refulado de sedimentos del río en zonas costeras. Estas modificaciones se observaron en distintos lugares de los dos partidos.



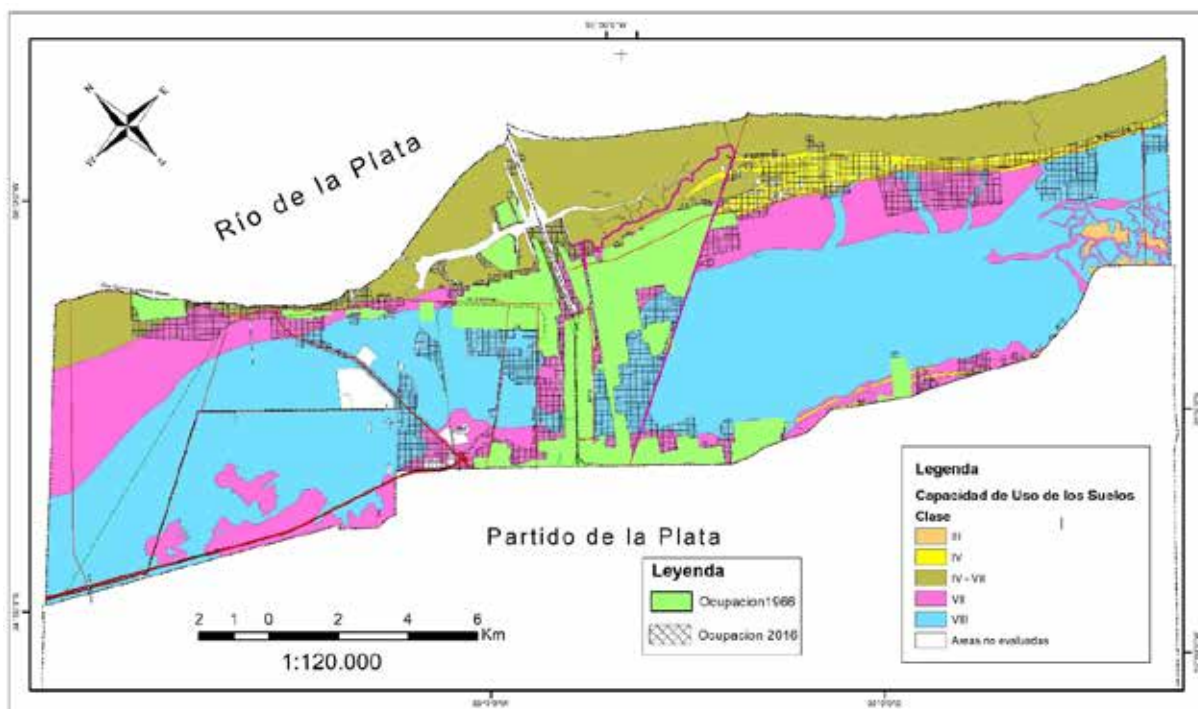


Figura 2 Superposición de usos 1966 y 2016 sobre mapa de capacidad de uso de suelos.
Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

Se concluye que en el lapso de los cincuenta años transcurridos entre 1966 y 2016 la superficie ocupada creció un 15 %, un incremento de 3604 Ha. de avance antrópico sobre el medio natural donde predominan suelos hidromórficos con severas limitaciones. Con respecto a los taxones de suelos el avance se llevó a cabo principalmente sobre Vertisoles (68%) y en menor medida sobre Molisoles y Entisoles (16 y 11 % respectivamente). Con el correr de los años, tanto Berisso como Ensenada, fueron expandiendo su área urbana y ocuparon las zonas más bajas, fangosas, de pajonales y bañados, con alto riesgo de inundación, con insuficientes planes oficiales para controlar, ordenar y planificar el uso del territorio en estas zonas.

El mayor avance antrópico registrado en este período fue sobre los suelos de clase de capacidad de uso IV que presentaban en 1966 una ocupación del 4% y en el 2016 del 75 %. Este gran avance se debe a que estos suelos se desarrollan sobre depósitos bioclásticos conchales cordoniformes que le otorgan mejor drenaje que el resto de los suelos del área y además presentan horizontes superficiales con alto contenido de materia orgánica y alta fertilidad, sin embargo prima sobre los mismos el uso extractivo, siendo este caso un claro ejemplo de la falta de ordenamiento territorial. Sobre los suelos de categoría IV-VII cercanos al Río de La Plata se observó un avance del 9% principalmente en servicios.

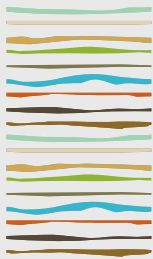
En los suelos de clase VII hubo un avance del 16% principalmente de uso urbano e industrial mientras que los de clase VIII presentaron una ocupación del 10 % principalmente en uso baldío, industrial y servicios. Se ha comprobado un marcado incremento del avance antrópico (26% principalmente uso urbano e industrial) sobre Vertisoles que en su mayoría pertenecen a las clases de capacidad de uso VIIws y VIIIws, con alta susceptibilidad a anegamiento e inundación y condiciones texturales y químicas extremas, lo que constituye un importante conflicto de uso. Estos suelos según la clasificación utilizada deberían ser destinados como áreas de conservación (Humedales, vida silvestre, biota) y/o recreación y esparcimiento. Cuanto más alto es el número de la clase, tanto más graves son las limitaciones, como así también los riesgos de la degradación del suelo por el uso. La ocupación del medio natural sin criterios de planificación tendría que ser regulada dado que los humedales de la planicie costera deberían mantener sus funciones ecosistémicas fundamentales, principalmente como regulador de eventos hídricos extremos como el acontecido en la inundación trágica

en 2013. Seguir urbanizando e industrializando sin criterios apropiados de planificación territorial, pone en riesgo al ecosistema y a la sociedad que es parte del mismo, principalmente a la comunidad más vulnerable. El conocimiento del medio natural sumado al uso de tecnologías de información geográfica y cartografía temática en base a criterios geopedohidrológicos, permite mejorar las herramientas para establecer criterios adecuados en la toma de decisiones orientadas a un correcto ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Boff, L., Russo, C. y Camilión, M. (2000). Contenido de metales pesados en suelos hidromórficos. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, del 11 al 14 de abril de 2000, en Mar del Plata, Pcia. de Bs.As. Con referato.
- Cabral, M.; Muntz, D.; Giani, E.; Hurtado, M.A.; da Silva, M.; Boff, L.; Palma, J.C. y Sánchez, C. (2016) Capítulo 1: Las inundaciones en la región capital: cartografía temática para el planeamiento. Ronco, A. PIO (Proyecto de Investigación Orientado)-Las inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada. Análisis de Riesgos y Estrategias de Intervención. Hacia la construcción de un observatorio ambiental. <http://omlp.sedici.unlp.edu.ar/dataset/informe-final>.
- Camilión María C., Challiol Iris B., Russo María C. y Boff Laura D. (1998). "Actividades antrópicas y anomalías geoquímicas generadas en los suelos a nivel superficial. Caso: Gran La Plata." Actas de las Quintas Jornadas Geológicas y geofísicas bonaerenses, Mar del Plata, 9 al 11 de diciembre de 1998; volumen I, pág. 209. Con referato.
- Camilión María C., da Silva Mario, Boff Laura D. y Hurtado Martín A. (2005). "Salud en riesgo por contaminación con metales pesados en los suelos aluvionales de la margen derecha del Río de la Plata" Jornadas Interdisciplinarias Rioplatenses de Toxicología y Ecotoxicología, Montevideo, Uruguay, del 30/5 al 2/6 de 2005. Con referato.
- Cavallotto, J. (2002). Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina 57 (4), 376-399.
- Fidalgo, F. y Martínez, O. (1983) Algunas características geomorfológicas dentro del partido de La Plata (Provincia de Buenos Aires). Revista de la Asociación Geológica Argentina 27 (2), 263-279.
- Giménez, J.E.; Cabral, M.; Hurtado, M.A.; Martínez, O.R.; Sanchez, C.A.; Da Silva, M.; Forte, L.; Crincoli, A.C. y Muntz, D. (2005) Elaboración y Transferencia de Cartografía Temática e Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el Planeamiento (Partido de Berisso). Trabajo Inédito. Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires.
- Hurtado M. A.; J. E. Giménez; M Cabral., y M. da Silva. (1996). Influence of soil extractive activities on geomorphological processes in coastal area of Buenos Aires Province, Argentina. Environmental and Human Consequence" Symposium Earth Surface Processes, Materials use and Urban Development, Understanding the Human Contribution to global Geomorphological Change, organizado por Scientific Communittee on Problems of the Environment (SCOPE) of the Council of Scientific Unions (ICSU). Granada, España. Con referato.
- Hurtado M. y otros (1997). Caracterización geomorfológica y Suelos en la zona de influencia de petroquímica L.P. y Refinería L.P. Instituto de Geomorfología y Suelos de la Facultad de Cs. Naturales y Museo. U.N.L.P. Informe técnico. YPF.
- Hurtado, M.A.; Giménez, J.E. y Cabral, M. (2006) Análisis ambiental del partido de La Plata. Aportes al ordenamiento territorial. Consejo Federal de Inversiones.
- Imbellone, P. y Mormeneo, L. (2011) Vertisoles hidromórficos de la planicie costera del Río de la Plata, Argentina. Ciencias del Suelo 29, 107-127.
- Klingebiel, A. y Montgomery, P. (1960) Land Capability Classification. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook N° 10. Washington, D.C.
- Manassero, M.; da Silva, M.; Boff, L.D. y Hurtado, M.A. (2013) Metales pesados en suelos de la Planicie Costera del Río de la Plata, partidos de Ensenada y Berisso. Ciencia del suelo, asociación argentina de la ciencia del suelo. Volumen 31 n° pag. 253-264.
- Martínez, O. R, Hurtado, M. A, Cabral, M. G, Giménez, J. E y da Silva, M. (2000) "Geología, Geomorfología y Suelos de la planicie costera en los partidos de Ensenada y Berisso (provincia de Buenos Aires)". Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo .CD ROM Comisión V, Panel 17. Mar del Plata. Con referato.
- Soil Science Division Staff. 2017. Soil survey manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Soil Survey Division Staff. (2014) Keys to Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. United States Department of Agriculture. 7th Edition.
- Soil Survey Staff. 2014. Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5.0. R. Burt and Soil Survey Staff (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.





CAMBIOS EN EL CARBONO ORGÁNICO LÁBIL POR AGRICULTURIZACIÓN EN SUELOS DEL NEA Y NOA

^{1*} Cáceres Díaz, R. O.; ¹ Ma. C. A., Morales Poclava; ² H. R., Sainz Rosas; ³ N. Gomez; ⁴ L. Bolañez; ⁵ J. Rojas; ⁵ Y. Goitya; ⁶ Ma. Quinteros; ⁷ A. Madías

¹ EEA INTA Salta. Ruta Nac. 68. Km. 172 (4403) Cerrillos. Pcia. de Salta caceresdiaz.raul@inta.gob.ar.

² Unidad Integrada INTA Balcarce- Univ. Nac. de Mar del Plata, Ruta 226, Km. 73,5 (7620) Balcarce, Pcia. de Bs. As.

³ EEA Sgo. del Estero. Jujuy N° 850. (4200) Sgo. del Estero, Sgo. del Estero.

³ EEA INTA Quimilí. Ruta prov. N° 6, km. 9 (3749) Quimilí, Santiago del Estero.

⁴ Julieta Rojas. EEA INTA Saenz Peña, Chaco. Ruta Nac. N° 95, km. 1108. (3700) Roque Saenz Peña, Chaco.

⁵ Quinteros, María. EEA INTA Famailla, pcia. de Tucumán.

⁶ Coord. Zonal, Sgo. del Estero, AAPRESID Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa.

RESUMEN

La habilitación de tierras para cultivos extensivos en NEA y NOA se dio por cambio de uso del suelo, pasando de monte nativo a agricultura bajo labranza cero. Se evaluó el carbono orgánico lábil en lotes agrícolas dedicados a soja y maíz y la cortina forestal con monte nativo más cercana, en los primeros 20 cm. de profundidad de suelo. La disminución del carbono orgánico en estos sistemas fue de 29,41% en los primeros 20 cm. de profundidad, pasando de 2,04% ± 0,54 en monte nativo a 1,44% ± 0,44 en agricultura extensiva. Las variables geomorfológicas denominadas sombreados, pendiente, aspecto, plano de curvatura, perfil de curvatura (Longitudinal), índice de convergencia, presencia de depresiones, acumulación de flujos, índice de humedad topográfica, influencia de longitud y grado de pendiente, nivel basal de la red de canales, distancia vertical de la red de canales, profundidad del valle y posición relativa de la pendiente sirvieron para generar el mapa de carbono de NEA y NOA con un R² de 0.24. Esta metodología geoestadística resultó adecuada para generar mapas de suelos digitales a escala regional.

Palabras clave: cultivos extensivos, labranza cero, monte nativo.

INTRODUCCIÓN

En la región NEA y NOA el avance de la Frontera Agropecuaria significó la habilitación de tierras para la agricultura a partir de desmontes, provocando una caída de los niveles de carbono original en forma inmediata por el cambio de uso de la tierra.

Estos ambientes, se dedicaron a la producción agrícola extensiva de secano (soja, maíz, sorgo, algodón) como principales cultivos de verano, incluyendo en los últimos años el trigo como cultivo de servicio en la medida que existía humedad en el perfil a la siembra y siembra de girasol o cártamo en la provincia de Chaco. La Labranza Cero, permitió en toda la región el uso de una tecnología de bajo impacto, accesible y de disponibilidad inmediata para el productor que no fue acompañada de una óptima rotación de cultivos, llegando en muchos casos a monocultivo de soja y baja incorporación de fertilización de reposición o mantenimiento para estabilizar los niveles originales de nutrientes del suelo.

Los factores que afectan los niveles de concentración de carbono orgánico del suelo son variados entre los que predominan los topográficos, ordenes de suelo, textura de suelo, drenaje, usos de la tierra, entre otros. El objetivo de este trabajo fue evaluar el cambio en el carbono orgánico lábil producto del cambio de uso de



la tierra en el NEA y NOA a partir de una línea de base definida por la cortina de bosque nativo más cercana, en los primeros 20 cm. de suelo y generar un mapa de carbono orgánico lábil que lo represente utilizando herramientas de análisis geoestadístico y parámetros que mejoren el modelo como, sombreado, pendiente, aspecto, plano de curvatura, perfil de curvatura (Longitudinal), índice de convergencia, presencia de depresiones, acumulación de flujos, índice de humedad topográfica, influencia de longitud, grado de pendiente, nivel basal de la red de canales, distancia vertical de la red de canales, profundidad del valle y posición relativa de la pendiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos de suelos se realizaron en lotes agrícolas dedicados a la producción de cultivos de soja y maíz, tomando una muestra pareada del lote con cortina de monte nativo más cercano de 0 a 20 cm. de profundidad, distanciadas al menos 10 km. entre cada muestra.

En laboratorio, se procedió a secar las muestras y tamizarlas con malla de 2 mm, para posterior determinación de Carbono Orgánico fácilmente oxidable por el método de Walkley y Black (1934).

El mapa de carbono se generó a partir de muestras de suelos tomadas en tres campañas agrícolas 2015, 2016 y 2017. Las mismas, fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos, Agua y Forrajes de la EEA INTA Salta.

El mapa de suelos, se construyó en base a 239 puntos de muestreo que se presentan en la **Figura 1** y se ubican en las provincias de Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Norte de Santa Fé y Chaco, definiendo como área de estudio la delimitada por Morello (Morello *et al.*, 2012) como Región Chaqueña.

Teniendo en cuenta la extensión del área en estudio, se trabajó a una escala 1:250.000, en sistema de referencia EPGS 22184 POSGAR 94/ARGENTINA 4, correspondiendo a Coordenadas planas TM faja 4.



Figura 1 Ubicación de los sitios de muestreo

Se consideraron 3 fuentes de datos:

Modelo de elevación digital de 90 metros de resolución descargado del sitio web <https://earthexplorer.usgs.gov/> (USGS, 2000)

Mapa de suelos de la República Argentina ajustado en entorno GIS (SAGyP *et al.*, 2013).

Valores de índice de vegetación (NDVI) obtenidos por teledetección.



A partir del Modelo Digital de Elevación DEM se obtuvieron una serie de variables morfométricas que describen el comportamiento de la topografía en la región estudiada, en entorno SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) enmarcado en Free Open Source Software (FOSS) desarrollado por el departamento de Física de Gottingen, Alemania (Conrad *et al.*, 2015).

Previamente se efectuó una corrección de valores anómalos aplicando el algoritmo desarrollados por Planchon & Darboux (2001).

Las variables geomorfométricas se determinaron aplicando la herramienta de geoproceto "Basic Terrain Analysis", definiendo sombreados (Analytical Hillshading), pendiente (Slope), aspecto (Aspect), plano de curvatura (Cross sectional), perfil de curvatura (Longitudinal), índice de convergencia (Convergence Index), presencia de depresiones (Closed Depressions), acumulación de flujos (Flow Accumulation), índice de humedad topográfica (Topography), influencia de longitud y grado de pendiente (LS.Factor), nivel basal de la red de canales (Channel Network base level), distancia vertical de la red de canales (Vertical D), profundidad del valle (Valley depth) y posición relativa de la pendiente (Relative Slope Position).

En cuanto a la información edáfica, se tomó como base el mapa de suelos desarrollado por INTA (INTA, 1990) a escala 1:500000, se consideró profundidad efectiva, textura superficial, drenaje y la clasificación taxonómica definida según USDA a nivel de Orden, considerando el suelo dominante de las unidades cartográficas, este análisis se efectuó aplicando el software QGIS (2017).

Para analizar la cobertura del suelo, se estimó el índice de vegetación normalizado (NDVI) a partir de imágenes satelitales Sentinel 2B – 1C del periodo junio 2017 hasta octubre 2017 con cobertura nubosa inferior al 30%. De este juego de imágenes se procedió a componer una única imagen en función al valor máximo de la mediana de cada pixel en cada banda. A partir de esta imagen se estimó el NDVI, este proceso se efectuó en entorno Google Earth Engine (Gorelick *et al.*, 2017).

Estas variables se consideran predictoras de la variable respuesta que en este caso es el porcentaje de carbono orgánico. Para realizar la estimación de los valores se optó por aplicar el modelo de Regresión Kriging (Hengl, 2004). Este proceso se plantea en dos pasos, primero un modelo lineal de efectos fijos y luego una modelación espacial sobre los residuos, generando la estimación final de valores de carbono orgánico. Los cambios en los niveles de carbono se analizaron con el Software Infostat/P Ver. 2019

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis descriptivo de la variable carbono lábil, se observa la mayor cantidad de muestras corresponden a suelos francos-limosos y los valores extremos de carbono lábil en monte nativo no son superiores a 3.02% y muy bajos valores máximos de carbono en suelos de monte nativo 1.54% y agrícola 0.75% para suelos francos arenosos como se observa en la **Tabla 1**.

Tabla 1: n, valores medios y descriptivos del carbono orgánico

Calificación Textural	Uso actual	Variable	n	Media	D.E.	CV	Min	Máx
Franco	agrícola	Carbono orgánico (%)	28	1,47a	0,36	24,38	0,58	2,22
Franco	Monte nativo	Carbono orgánico (%)	16	2,10b	0,47	22,26	1,38	2,83
Franco arcilloso	agrícola	Carbono orgánico (%)	7	1,89a	0,43	22,93	1,25	2,29
Franco arcilloso	Monte nativo	Carbono orgánico (%)	2	2,77b	0,36	13,04	2,51	3,02
Franco arenoso	agrícola	Carbono orgánico (%)	2	0,68a	0,10	14,56	0,61	0,75
Franco arenoso	Monte nativo	Carbono orgánico (%)	2	1,35a	0,27	19,90	1,16	1,54
Franco limoso	agrícola	Carbono orgánico (%)	56	1,50a	0,32	21,44	0,88	2,36
Franco limoso	Monte nativo	Carbono orgánico (%)	42	2,15b	0,44	20,51	1,10	2,89

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



Se realizó análisis de varianza del carbono en función de textura, particionado por uso actual, no existiendo diferencias significativas para los valores de carbono de acuerdo a suelo franco/arenoso como lo muestra la **Tabla 1**.

El carbono orgánico lábil de la **Figura 2**, particionado por uso actual siempre fue mayor en cortina de bosque nativo y mayor para cada situación de manejo inclusive, asociado a suelos de textura fina, esto mismo fue mencionado por Steinbach *et al*, (2020) entre otros.

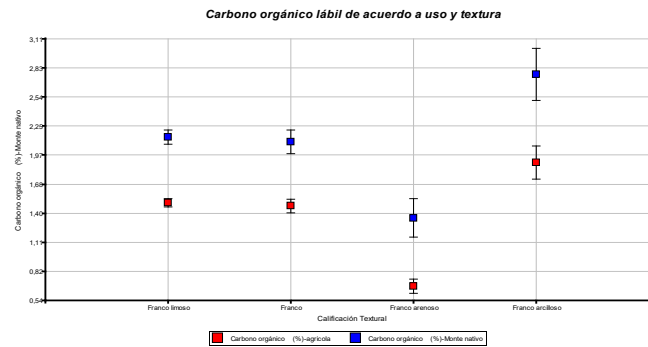


Figura 2: Carbono orgánico lábil en lote agrícola, cortina de monte nativo de acuerdo a textura

El carbono orgánico medio observado de los sistemas agrícolas evaluados fue de $1,44\% \pm 0,44$ y el carbono orgánico de la cortina más cercana es de $2,04\% \pm 0,54$, registrando una caída de 29,41% en los valores de C. orgánico desde monte nativo a sistema agrícola. Barbero, (2010) menciona una caída desde monte nativo a agricultura bajo SD de 23% a 28% para el Norte de Sgo. del Estero a la misma profundidad.

REGRESION LINEAL MULTIPLE

La selección de las variables que explican mejor la respuesta en la variable dependiente carbono orgánico se efectuó mediante el procedimiento "stepwise" aplicando el software R (R Core Team, 2014; RStudio Team, 2015).

Kriging Ordinary

A partir de los valores estimados por el modelo de regresión, se realizó la diferencia con los valores reales de porcentaje de carbono orgánico obteniendo los "RESIDUOS".

Se efectuó la interpolación de estos residuos a toda el área analizada mediante el método de Kriging Ordinario, a fin de identificar las zonas donde se sobrestima o subestiman los valores. Se definió el siguiente semivariograma que se presenta en la **Figura 3**.

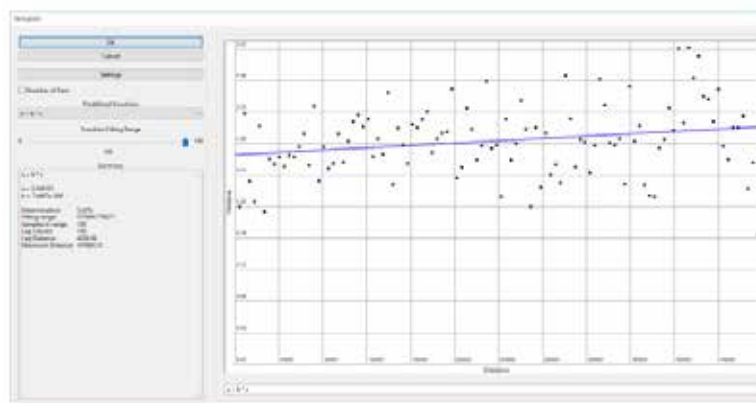


Figura 3: Semivariograma y ajuste lineal

A través de la calculadora de raster de SAGA GIS se aplicó el siguiente modelo:

$$CO(\%) = 2.688 + (-0.1260 * Orden) + (0.1722 * Drenaje) + (1.095 * Analytical) + (0.00000003423 * Flow) + (1.098 * LS) + (-0.003224 * Valley) + (1.448 * NDVI)$$

$R^2 = 0.24$

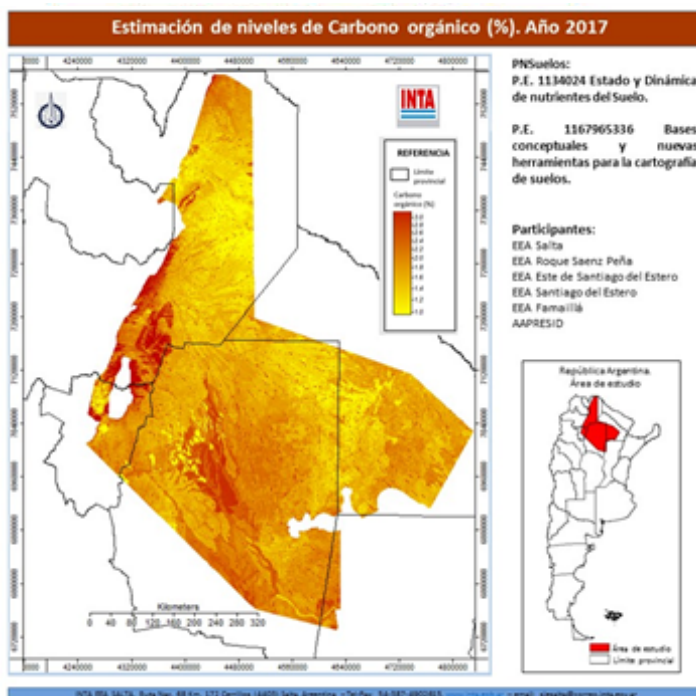


Figura 4: Mapa de carbono orgánico lábil en NOA y NEA de 0 a 20 cm. de profundidad de suelo

El coeficiente R^2 se encuentra dentro del rango esperado en los estudios de predicción de atributos de suelo para mapas a escala regional. Varela y Dell'Acqua (2003) mencionan un valor de 0,21 para un mapa digital de carbono orgánico del suelo en dos zonas de Uruguay usando la misma metodología.

En posteriores etapas de estudio es necesario validar el modelo y evaluar el poder predictivo del mapa generado con estos parámetros en esta instancia.

Esta Metodología permitió generar un mapa de carbono orgánico lábil de 0 a 20 cm. de profundidad en toda el área analizada como lo muestra la **Figura 4**.

CONCLUSIONES

La disminución de carbono orgánico lábil observado, desde monte nativo en cortina a agricultura en la zona de estudio para los primeros 20 cm. de suelo fue de 29.41%

Los valores más altos de carbono orgánico se hallan asociados a las texturas más finas (franco arcilloso) independientemente del manejo.

BIBLIOGRAFÍA

Barbero, Ma. F. 2010. Evolución del Carbono en suelos provenientes de monte bajo Siembra Directa del área subhúmeda templada y subtropical de Argentina. Tesis doctoral, Universidad Católica de Córdoba. Córdoba, Argentina.

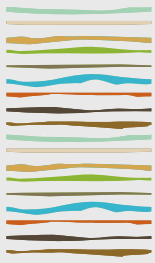
Conrad, O; B Bechtel; M Bock; H Dietrich; E Fischer; L Gerlitz; J Wehberg; V Wichmann & J Böhrner. 2015. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015. <http://www.saga-gis.org/>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment. Disponible en <https://earthengine.google.com/>



- Hengl, T; G Heuvelink and A Stein. 2004. A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma* 120 75-93
- Morello, J; Matteucci, S; Rodríguez, A y Silva, M. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora S.R.L., Buenos Aires. Pp. 752.
- Planchon, O & F Darboux. 2001. A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. *Catena* 46: 159-176
- QGIS Development Team. 2016. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- R Studio Team. (2015). RStudio: Integrated Development for R. Boston, MA: RStudio, Inc. Recuperado de [L http://www.rstudio.com/](http://www.rstudio.com/)
- SAGyP – INTA – Proyecto PNUD ARG/85/019. 2013. Con la participación del Instituto de Suelos y EEAs del INTA. Suelos de la República Argentina. Versión Digital Corregida, Revisada y Aumentada (Versión 9.0): G. Cruzate, L. Gomez, M. J. Pizarro, P. Mercuri, S. Banchemo.
- Steinbach, H.S.; A.M. Lupi; H. Rimski-Korsakov; C. Álvarez; E. Ciarlo; R.V. Cosentino; R. Romaniuk. 2020 Stock de carbono orgánico en suelos de diferente textura y uso en el sudeste de entre ríos. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Corrientes, Argentina.
- USGS. 2000. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. Disponible en <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>
- Varela, S. y M. Dell'Acqua. 2003. Mapeo digital de carbono orgánico del suelo para una profundidad de 5 cm. Cuenca de la laguna Merín y Cuenca Atlántica, Uruguay. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Sistema de Información Geográfica. Ministerio de Ganadería, Agricultura y pesca. República Oriental del Uruguay. <http://web.renare.gub.uy/media/suelos/informes/MapeoCarbono-CLMInforme.pdf>
- Walkley A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37 (1): 29-38.





CARACTERIZACIÓN DE FIRMAS FENOLÓGICAS PROMEDIO DE CULTIVOS

Calandroni, M.B.¹, F.R. Jaimes¹, D.K. Zelaya², F.N. Cabria¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Mar del Plata;

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Balcarce);

Ruta Nacional 226, km 73,500, (7620), Prov. de Buenos Aires, mcalandroni@mdp.edu.ar

RESUMEN

La producción primaria de alimentos proporciona ingresos que aportan sustancialmente a la economía del corredor Tandil-Mar del Plata. Cultivos de grano, verdeos y pasturas son los que más contribuyen, pero también lo hacen distintas especies hortícolas distinguiéndose la papa. La magnitud adquirida por dichas actividades torna necesario conocer cómo evoluciona el cambio en el paisaje rural, y un modo eficaz de acceder al dato es a partir de la vigilancia de la cobertura vegetal que proveen las firmas fenológicas identificadas. Con el fin de identificar áreas cultivadas para generar estadísticas agrícolas, nos propusimos caracterizar las firmas fenológicas promedio (FFP) en parcelas con soja, maíz, girasol, sorgo y papa. Durante las campañas agrícolas 2009/10, 2010/11, 2011/12 y 2012/13 se georreferenciaron 2611 parcelas para analizar la reflectancia de la cobertura vegetal a partir de bandas del espectro lumínico que se vinculan con los índices de vegetación (IV). Los datos radiométricos con que se obtienen los IV utilizados los registra el satélite MODIS, que se proporcionan mediante el producto MOD13Q1. Las firmas fenológicas se generaron con 14 imágenes que dan cuenta del vigor fotosintético de la cobertura vegetal entre el 30 de septiembre y 08 de mayo. Se observó que la configuración de la FFP presentó un ápice en los cultivos de girasol, papa y maíz, mientras que fueron dos los que presentaron el sorgo y la soja. También se logró vincular al vigor fotosintético con factores de diferente índole o naturaleza que pueden afectar a los cultivos durante las etapas fenológicas que transitan. Finalmente, las comparaciones entre las FFP permitieron determinar que es poco probable distinguir a las parcelas de los cultivos sobre la base de las diferencias que se manifiestan en una fecha en particular, y que para identificar cultivos será necesario recurrir a una secuencia discriminatoria que deberá ser investigada.

Palabras clave: modis, mod13q1, índices de vegetación.

INTRODUCCIÓN

La producción agroalimentaria comprende al sector agropecuario y a la industria alimentaria. Según la Dirección de Estimaciones de la Secretaría de Agricultura del Ministerio de AGyP, la producción de cereales y oleaginosas continúa en aumento. Se estima que al comenzar el período 2012 - 2020 el total de la producción de cereales y oleaginosas ha sido de 100 millones de toneladas, el cual se elevó paulatinamente hasta alcanzar 139 millones de toneladas. También la producción primaria de alimentos es notable para la economía del sudeste bonaerense, y en el sector circunscripto al trazado de la ruta nacional 226, entre las ciudades de Tandil y Mar del Plata, las actividades agrícolas preponderantes son la producción de cultivos de grano para cosecha, la producción de verdeos y de pasturas y también la de especies hortícolas, entre las que se destaca el cultivo de papa (MAGyP, 2017). En territorios donde la economía depende fuertemente de la producción primaria, es necesario estimar a la superficie agrícola para planificar el desarrollo del sector agropecuario o sostener logros alcanzados. Numerosos actores sociales, políticos y económicos la requieren, en particular cuando son propósitos la reducción de incertidumbres y el mejoramiento de la asignación de recursos. Cuando éstos son el sentido, la estimación de la superficie agrícola se requiere para planificar el ordenamiento del territorio, el cual basado en la generación de biodiversidad, potencia la producción y su estabilidad, la



preservación de los recursos naturales y la disminución del riesgo económico, todo lo cual propende al logro de la sostenibilidad del sistema agropecuario (Paruelo *et al.*, 2014). Para satisfacer la demanda de caracterizaciones del uso de la tierra que expliciten la distribución de las actividades agrícolas en el paisaje, es preciso recurrir a avances tecnológicos que faciliten el análisis espacial de la ocupación del territorio. Para ello se recurre a la geomática, y en este trabajo se lo hizo para indagar si las firmas fenológicas (FF) generadas a partir de índices de vegetación, es una alternativa que podría ser utilizada para lograr acrecentar la exactitud de datos que se generan y la confiabilidad de la información que se divulga (Guerschman *et al.*, 2003). Las imágenes satelitales ópticas posibilitan la generación de dichas firmas, que una vez que están identificadas son eficaces para discriminar parcelas cultivadas que conforman la cubierta vegetal (Chuvienco, 2008). La información espectral provista por los sensores remotos multiespectrales, particularmente la del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), capta nuestro interés por ser una alternativa para estimar las superficies cultivadas (Paruelo *et al.*, 2004, Lunetta *et al.*, 2006; Wardlow y Egbert, 2010; Baeza *et al.*, 2014) y realizar seguimientos fenológicos en cultivos (Sakamoto *et al.*, 2005; Wardlow *et al.*, 2006). La eficacia de la imagen MODIS para realizar el seguimiento de cultivos en áreas o territorios de gran extensión radica en la conjunción de los elementos que la caracterizan (et al., 2012). A partir de dichas imágenes se generan índices espectrales y FF que propician el logro de clasificaciones de calidad superior (Paruelo *et al.*, 2004, Gusso *et al.*, 2012). Con índices espectrales como el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) y el Índice de Vegetación Mejorado (EVI) la resolución espectral se simplifica, y al compilarlos en la FF, la sucesión temporal de valores entre los índices de vegetación (IV) logra representar a la evolución del vigor fotosintético de la biomasa que corresponde a la cobertura vegetal durante una estación de crecimiento (Bagnato *et al.*, 2012). Wardlow *et al.*, (2006 y 2007); y Wardlow y Egbert (2010) utilizan series temporales de EVI y NDVI para realizar seguimientos de cultivos de verano (soja, maíz y sorgo), de invierno (trigo) y alfalfa, y observan que no se destaca un índice por sobre otro en lo que concierne a la exactitud de la FF que se genera. La hipótesis que sustenta la realización de esta investigación enuncia que al identificar firmas fenológicas que se construyen con el EVI o el NDVI, es posible reconocer períodos en los cuales la respuesta espectral simplificada posibilita el reconocimiento de parcelas donde se ubican cubiertas vegetales. En este trabajo se abordan dos objetivos. Por un lado, se procura caracterizar firmas fenológicas promedio de cinco cultivos de verano, soja, maíz, girasol, sorgo y papa, mientras que por otro se intenta reconocer períodos y fechas en que se distinguen estadísticamente las respuestas espectrales implícitas en IV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para resolver los objetivos del trabajo se recurrió a la utilización de información remota y censal de cobertura vegetal que corresponde a las campañas agrícolas 2009, 2010, 2011 y 2012. El espacio territorial que abarcó el estudio comienza en la ciudad de Mar del Plata que se ubica a la vera de la costa del océano Atlántico, y se extiende hacia el oeste por el sector serrano y peri-serrano hasta la ciudad serrana de Tandil. En este corredor, se distinguen a lo largo de 170 km colinas y lomas loessicas en la denominada franja eólica peri-serrana. En el paisaje se distribuyen catenas y toposecuencias constituidas por suelos profundos, moderadamente profundos y someros, siendo los suelos mayoritarios Udoles bien drenados. Con respecto a las coberturas vegetales se informa que los cultivos participantes fueron cinco, soja, maíz, girasol, sorgo y papa. Y en lo concerniente a la información remota se hace saber que se utilizaron datos provenientes del procesamiento de bandas espectrales de imágenes satelitales que se generan con longitudes de onda de radiación que captura el sensor remoto MODIS. Este sensor está a bordo del satélite TERRA, posee un radiómetro de resolución espectral media diseñado para el estudio de la superficie terrestre. La sensibilidad radiométrica es alta, 12 bits, y el rango del intervalo de longitudes de onda que registra es de 0,4 μm a 14,4 μm . El número total de bandas espectrales que captura es treinta y seis (36). Dos bandas poseen resolución moderada de 250m en las cuales se registran longitudes de onda del nadir. Otras cinco bandas de 500m de resolución espacial conjuntamente con las 29 restantes de 1km, complementan la amplitud del intervalo hasta alcanzar los 14,4 μm . El barrido tiene un ancho de exploración de ± 55 grados que, en órbita EOS a 705 km de distancia de la superficie de la tierra abarca una franja de 2.330 km. Gracias a estas características la cobertura global o planetaria se obtiene cada uno a dos días. A partir de los datos registrados por el sensor remoto MODIS se generan una serie de productos. En el producto MOD13Q1 disponen imágenes que compilan y cuantifican el vigor fotosintético de la biomasa vegetal, a los cuales se los identifica con los nombres Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) e Índice de Vegetación Mejorado (EVI).



$$NDVI = \frac{IR_{\text{cercano}} - \rho_{\text{Rojo}}}{IR_{\text{cercano}} + \rho_{\text{Rojo}}}$$

Donde Rojo e IR cercano son la reflexión espectral medida de radiación de longitud de onda de 640nm y 858nm respectivamente (Gitelson *et al.*, 1996).

$$EVI = G * \frac{\rho_{IR \text{ cercano}} - \rho_{\text{Rojo}}}{(\rho_{IR \text{ cercano}} + c_1 \rho_R - c_2 \rho_B + L)}$$

Donde G es un factor de ganancia igual a 2.5; es el corrector de la reflectancia atmosférica; R, B, e IR son la reflexión en la banda de longitud de onda del rojo, azul e infrarrojo respectivamente; c1 y c2 son coeficientes de corrección del aerosol atmosférico y L es el ajuste por la presencia de canopia (Huete *et al.*, 1994, 1997).

Las actividades que a continuación se exponen dan a conocer el procedimiento metodológico que se utilizó. En primera instancia se debieron sistematizar datos de coberturas vegetales que fueron censados durante las campañas agrícolas 2009, 2010, 2011 y 2012. El modo elegido exigió compilar los datos de la cobertura vegetal en un Sistema de Información Geográfico (SIG). Para ello se creó un archivo vectorial donde las parcelas que fueron censadas están figuradas por polígonos. En la correspondiente base de datos se registraron las observaciones realizadas en cada campaña durante los trayectos recorridos. A este conjunto de datos que contiene información geométrica (forma de las parcelas) cuantitativa (ubicación geográfica y superficie de las parcelas) y cualitativa (especie o especies vegetales que integraron la biomasa vegetal en cada parcela) se lo reconoce en el marco de esta investigación como la verdad terrestre referencial. También fue necesario sintetizar FF de cultivos a partir de los IV EVI y NDVI. Para ello se recurrió a datos que fueron generados por integrantes del Núcleo de Actividades Científicas y Tecnológicas denominado Geografía Física Rural de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (Jaimes *et al.*, 2014, Jaimes *et al.*, 2015, Nieto *et al.*, 2015). De esta manera se obtuvo un archivo con múltiples bandas donde están compiladas las celdas que en las imágenes del producto MOD13Q1 proveen los datos de IV que corresponden a los polígonos que forman parte de la verdad terrestre referencial. Cada banda del archivo corresponde a alguno de los momentos que están previstos en el producto MOD13Q1, habiendo considerado sólo los períodos que permiten abarcarlas etapas fenológicas de los cultivos de soja, maíz, girasol, sorgo y papa en el corredor Tandil-Mar del Plata, es decir del 30 de septiembre al 8 de mayo, catorce imágenes/bandas en total. A partir de dicha información se caracterizó a la firma fenológica promedio (FFP) que le corresponde a cada cultivo, y se ejecutaron análisis comparativos para evaluar el efecto año en cada una de las firmas fenológicas y reconocer los períodos y las fechas en que diferencias entre IV se tornaron significativas estadísticamente. Las diferencias evaluaron tanto comparaciones de índices dentro de cultivos, como así también las que surgieron por considerar los siguientes pares de cultivos, maíz-soja, soja-sorgo, papa-girasol y maíz-sorgo. En todos los casos las diferencias refieren a registros radiométricos que capturó el sensor MODIS y que son los utilizados para valorar el vigor fotosintético de la biomasa de la cobertura vegetal durante intervalos de tiempo de 16 días. Con el programa estadístico InfoStat se generaron gráficos para el análisis exploratorio de los datos, y también se definió el ANOVA que puso a prueba el factor año ($p < 0,05$). El programa Quantum Gis versión 2.14 Essen se utilizó para generar el archivo vectorial de polígonos donde se registró la información geométrica, cualitativa y cuantitativa de la verdad terrestre referencial, siendo además la herramienta con que se realizó el cálculo de las siguientes variables estadísticas básicas, promedio, desvío estándar, rangos, valores máximos y valores mínimos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con 1570 parcelas la soja fue el cultivo al que le correspondió la mayor cantidad de lotes censados, seguida por el maíz y el girasol que acumularon 513 y 312 parcelas respectivamente. Menores cantidades de lotes censados le correspondieron a la papa y al sorgo, 112 y 104 respectivamente. La trayectoria de las curvas generadas a partir de los valores promedios de NDVI y EVI fueron similares, resultado que es coincidente con lo reportado por Wardlow *et al.*, (2006 y 2007); y Wardlow y Egbert (2010). Los valores NDVI superaron a los EVI de modo cuasi constante por 0,20 puntos aproximadamente, no obstante, a partir de la trayectoria que configuraron los IV se logra evidenciar que el vigor fotosintético en las cubiertas vegetales evolucionó de modo diferente. Mientras que, en la curva del maíz, el girasol y la papa se registró un sólo ápice durante el ciclo de crecimiento de los cultivos, en el caso de la soja y el sorgo fueron dos los ápices que se distin-



guieron. En el maíz el ápice de la curva FFP se contabilizó en la primera quincena de febrero (banda 9), con magnitudes en valores máximos que estuvieron próximos a 0,50 en el EVI y a 0,73 en el NDVI. En las parcelas sembradas con girasol el ápice de la FFP no se manifestó en una banda en particular, sino que se registraron valores máximos durante un período de tiempo prolongado que abarcó el intervalo de tiempo que quedó representado por las bandas 6, 7, 8, y 9, es decir, desde el 19 de diciembre al 17 de febrero. Valores máximos próximos a 0,48 correspondieron al EVI y los cercanos a 0,68 al NDVI. El ápice de la FFP en las plantaciones de papa se manifestó entre el 17 de enero y el 1 de febrero, banda 8. Los valores máximos contabilizados estuvieron próximos a 0,54 y 0,74 para el EVI y el NDVI respectivamente. En el caso del cultivo de soja el primer ápice en la curva FFP se registró entre el 30 de septiembre y el 16 noviembre (bandas 1 a 3), mientras que el segundo lo hizo entre el 18 de febrero y el 05 de marzo (banda 10). Los valores máximos del EVI y el NDVI fueron próximos a 0,32 y 0,56 en el primer período, mientras que los del segundo superaron a los del primero y las magnitudes rondaron en 0,58 y 0,78 respectivamente. En la FFP del cultivo de sorgo, que en la región se destina principalmente a la producción ganadera, el primer ápice se registró entre el 30 de septiembre y el 31 de octubre (bandas 1 y 2), mientras que el segundo lo hizo entre el 02 de febrero y el 05 de marzo (bandas 9 y 10). En ambos períodos los ápices estuvieron próximos a 0,5 y 0,7, correspondiendo el menor valor al EVI y el mayor al NDVI. A partir de las FFP otras particularidades se observaron en la evolución del vigor fotosintético de las coberturas vegetales censadas. Los valores máximos que corresponden al ápice de las FFP se ubicaron en intervalos de tiempo diferentes. Mientras que en el maíz se contabilizó en la banda 9, en la papa se lo hizo en la banda 8. A diferencia de lo acontecido en dichos cultivos, el ápice en la curva del cultivo de girasol fue romo, y el valor máximo se registró en distintos períodos de tiempo según el IV que se considere. El EVI registró el valor máximo en el intervalo de tiempo que corresponde a la banda 6, mientras que el NDVI lo hizo en aquel que define a la banda 8. En los cultivos de soja y sorgo se observaron dos ápices en las FFP, y los valores máximos se registraron en el intervalo de tiempo que define a la banda 10. A diferencia de lo observado entre los ápices de la FFP del cultivo de soja, donde el segundo ápice fue notoriamente superior al primero, ambos ápices tendieron a ser similares en la FFP del cultivo de sorgo.

Para los cuatro (4) ciclos de crecimiento que corresponden a las campañas agrícolas 2009, 2010, 2011 y 2012, se evaluó el efecto año sobre la evolución del vigor fotosintético. En este trabajo el "efecto año" refiere al conjunto de variables de diferente índole o naturaleza que condicionó el curso que caracterizó a las trayectorias de las FF en cada campaña agrícola. Durante casi todo el ciclo del cultivo de soja cada banda temporal manifestó el efecto año independientemente del IV que se analice. Por lo tanto, en las FF que provienen de parcelas con soja, se infiere que fue significativo el efecto año. Contrariamente a lo sucedido en dicho cultivo, se determinó que el efecto año en el sorgo sólo fue significativo al final del ciclo. El período en que se validó la significancia transcurrió entre el 7 de abril y el 8 de mayo. En el cultivo de maíz el efecto año se consolidó significativo estadísticamente a partir de la mitad del ciclo, bandas 8 a 14; mientras que en el girasol dicha significancia está presente constantemente a partir del mes de diciembre. Por su parte el cultivo de papa presentó efecto año en tan sólo dos períodos. El primero en el mes de enero y el segundo entre el 23 de abril y el 8 de mayo. Este resultado fue coincidente independientemente del IV.

Al comparar la FFP del cultivo de maíz con la FFP del cultivo de soja se encontró que desde el inicio del ciclo y hasta finales de septiembre ambas curvas presentaron diferencias significativas estadísticamente. Esto ocurrió tanto con valores EVI como con valores NDVI. Las diferencias del vigor fotosintético entre las coberturas del maíz y la soja fueron validadas durante todo el ciclo de los cultivos, siendo interrumpida la significancia estadística en sólo dos o tres períodos según el IV que se analice. Si se considera al NDVI los cultivos de maíz y soja no presentaron diferencias significativas estadísticamente entre el 17 de noviembre y el 02 de diciembre y entre el 07 y 22 de abril; en cambio, si se considera al EVI, las diferencias también no se validaron estadísticamente en un tercer período que transcurre entre el 17 de enero y el 01 de febrero (bandas 4, 8 y 13). La FFP de la papa presentó valores superiores que el girasol en el intervalo de tiempo que representaron las bandas 7 a 10 (1 de enero al 5 de marzo), diferencia que sólo se validó estadísticamente cuando el vigor fotosintético de la cobertura se cuantificó mediante el algoritmo EVI. A partir de los valores de NDVI preponderaron diferencias que no fueron validadas estadísticamente, a excepción de lo cuantificado en los períodos que representaron las bandas 8, 9 y 13, es decir, del 17 de enero al 17 de febrero y del 07 al 22 de abril. Al analizar la comparación entre el cultivo de maíz y el cultivo de sorgo las diferencias entre las FFP tendieron a ser significativas estadísticamente a lo largo de todo el ciclo de los cultivos, resultado



similar al que presentó la comparación maíz – soja. Sólo se encontró similitud en el vigor fotosintético de las cubiertas vegetales en los períodos de tiempo que representaron las bandas 4, 9 y 10 en el caso del EVI (17 de noviembre al 2 de diciembre, 2 de febrero al 5 de marzo) y las bandas 4, 10 y 11 en el caso del NDVI (17 de noviembre al 2 de diciembre y 18 de febrero al 21 de marzo).

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados se concluye que son peculiares las FFP de la soja, el maíz, el girasol, el sorgo y la papa cuando provienen de parcelas que se sitúan en la franja eólica peri-serrana adyacente al corredor Tandil–Mar del Plata. Éstas pueden ser utilizadas para representar, describir, comparar y caracterizar el vigor fotosintético de la cubierta vegetal de dichos cultivos. La significancia estadística del efecto año tiende a ser privativa en los cultivos participantes, y las comparaciones de a pares de cultivos permiten reconocer períodos y fechas en que las coberturas vegetales se distinguen. No obstante, las comparaciones entre las FFP denotan que es poco probable distinguir a las parcelas de los cultivos sobre la base de las diferencias que se manifiestan en una fecha en particular, y si bien la hipótesis enunciada no es rechazada, se considera que para identificar cultivos a partir de las FF será necesario recurrir a una secuencia discriminatoria que deberá ser investigada.

BIBLIOGRAFÍA

- Baeza, S; P Baldassini; C Bagnato; P Pinto & J Paruelo. 2014. Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS. *Agrociencia* 18(2):95-105.
- Bagnato, C; C Conde; Y Noe; C Caride; S Baeza; H Paoli; M Vallejos; F Gallego; L Vale; L Amdan; H Elena; M Texeira; J Mosciaro; L Ciffoli; C Morales; P Baldasini; S Aguiar; M Arocena; J Volante & J Paruelo. 2012. Utilización de firmas espectrales de alta resolución temporal para la elaboración de mapas de uso agrícola y estimaciones de superficie cultivada a escala de lote en Argentina y Uruguay. *Actas Congreso Argentino de Teledetección*. Córdoba, septiembre.
- Chuvieco, E. 2008. *Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Ariel S.A. Barcelona, España 72 pp.
- Gitelson, AA; Y J Kaufman & MN Merzlyak. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.* 58(3):289-298.
- Guerschman, JP; J Paruelo; C Di Bella; MC Giallorenzi & F Pacin. 2003. Land covers classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data. *Int. J. Remote Sens.* 24(17):3381-3402.
- Gusso, A & JR Ducati. 2012. Algorithm for soybean classification using medium resolution satellite images. *Remote Sens* 4(10):3127-3142.
- Huete, AR; HQ Liu; K Batchily & W Van Leeuwen. 1997. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.* 59(3): 440-451.
- Huete, A; C Justice & H Liu. 1994. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. *Remote Sens. Environ.* 49(3):224-234.
- Jaimes, F; G Booman; M Calandrini & F Cabria. 2014. Implementación y validación en un SIG del índice topográfico de humedad para la delimitación de áreas donde se distribuyen lomas loessicas del corredor Tandil – Mar del Plata. *Actas V Jornadas de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*. San Miguel de Tucumán, Tucumán Argentina. 24 y 25 de abril.
- Jaimes, F; G Booman; S Diez; M Calandrini & F Cabria. 2015. Caracterización de firmas fenológicas de cultivos de invierno en el corredor Tandil – Mar del Plata. *Actas I Congreso Internacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. 8 y 9 de octubre.
- Lunetta, RS; JF Knight; J Ediriwickrema; JG Lyon & LD Worthy. 2006. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote Sens. Environ.* 105(2):142-154.
- Ministerio de Agroindustria. 2017. datos abiertos agroindustria. <http://www.agroindustria.gob.ar/site/agricultura/estimaciones_agricolas/> [último acceso: 30 de mayo 2017].
- Nieto, L; F Jaimes; G Booman; S Diez; M Calandrini & Cabria F. 2015. Caracterización de firmas fenológicas para la identificación de cultivos de verano en el corredor Tandil – Mar del Plata. *Actas I Congreso Internacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Comodoro Rivadavia. Chubut, Argentina. 08 y 09 de octubre.
- Paruelo, J; EG Jobbágy & P Latorra. 2014. Bases conceptuales del ordenamiento territorial. En Paruelo, J *et al* (eds) *Ordenamiento Territorial Rural, Conceptos, métodos y experiencias*. Pp 10-32 Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Paruelo, J; JP Guerschman; G Baldi & CM Di Bella. 2004. La estimación de la superficie agrícola. *Antecedentes y una propuesta met-*



odológica. *Interciencia*, 29(8):421-427.

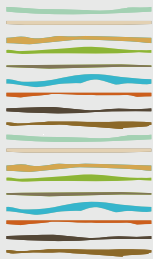
Sakamoto, T; M Yokozawa; H Toritani; M Shibayama; N Ishitsuka & H OHNO. 2005. A crop phenology detection method using time-series MODIS data. *Remote Sens. Environ.* 96(3):366-374.

Wardlow, BD, JH Kastens & SL Egbert. 2006. Using USDA crop progress data for the evaluation of green up onset date calculated from MODIS 250-meter data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 72(11):1225-1234.

Wardlow, BD; SL Egbert & JH Kastens. 2007. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the US Central Great Plains. *Remote Sens. Environ.* 108(3):290-310.

Wardlow, BD & SL Egbert. 2010. A comparison of MODIS 250-m EVI and NDVI data for crop mapping: a case study for southwest Kansas. *Int. J. Remote Sens.* 31(3): 805-830.





ALCALINIZACIÓN Y ANEGAMIENTO DE SUELOS EN LA PAMPA LOÉSSICA PLANA DEL ESTE DE CÓRDOBA

Faule, L.^{1,*}, M.F. Lanfranco¹

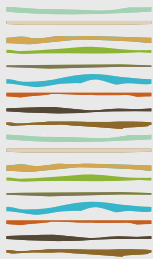
¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta Nac. N° 9 km 636. Manfredi. Provincia de Córdoba, Argentina. faule.lautaro@inta.gob.ar

RESUMEN

En las últimas décadas, el ascenso de la capa freática en el este de la provincia de Córdoba ha conllevado a un incremento de obras de canalización y del área afectada por suelos salino-sódicos. Esto trajo aparejado una reducción de la superficie cultivable, aumentos de los costos de producción y un mayor deterioro de la salud y productividad de los suelos. Con el fin de evidenciar estos fenómenos, se relevó el establecimiento San Bernardo de 2800 hectáreas al norte de la ciudad Las Varillas. Se elaboró un mapa de suelos a escala de detalle y se comparó con la cartografía semidetallada de la Hoja 3163-34 Las Varillas publicada en 1997. Para la fotointerpretación y separación de ambientes se utilizaron imágenes satelitales, Modelos de Elevación Digital, mapas de rendimiento y datos de freatómetros locales. Se describieron los suelos en 16 calicatas siguiendo las "Normas de Reconocimiento de Suelos" de Etchevehere, basadas en el "Soil Survey Manual" (USDA). El sistema de clasificación taxonómica empleado fue Soil Taxonomy 2014. Las unidades cartográficas definidas fueron clasificadas por su Capacidad de Uso a nivel de clase y subclase. Para esta evaluación de tierras, se hizo hincapié en el peligro de anegamiento y contenido de sales o álcalis de cada uno de los perfiles descriptos. Los suelos se identificaron principalmente dentro del Orden Molisoles y en menor medida Alfisoles. De manera general, las limitantes con respecto al drenaje y alcalinidad se manifestaron con mayor intensidad en los ambientes más deprimidos, con la napa próxima a la superficie. Los sectores de mejor aptitud agrícola comprendieron áreas muy suavemente onduladas, con Argiustoles libres de sales y sodio. En planos tendidos con un nivel freático promedio de 1.6 m de profundidad, se reconocieron Argialboles ligeramente alcalinos subsuperficialmente. Dentro de las áreas de baja productividad, se identificaron vías de escurrimiento poco manifiestas, integradas por Natrustoles ácuicos imperfectamente drenados. Por último, las áreas netamente ganaderas incluyeron planos cóncavos y cubetas, dominadas por Natracuoles y Natracualfes con eflorescencias salinas y la napa dentro del metro de profundidad. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que en el área de estudio ha habido una disminución del 25% de las tierras con aptitud agrícola con respecto a la situación descrita en el mapa de 1997. Esto se explica por el aumento de la superficie con suelos afectados por alcalinidad sódica, como consecuencia del ascenso de la napa y los recurrentes desbordes de lagunas y canales. Los valores de Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) determinados en laboratorio a distintas profundidades fueron mayores que los consignados en las Series de suelos de la Hoja 3163-34 Las Varillas. En base a este trabajo, se busca remarcar la importancia del manejo de la napa y de los excedentes hídricos superficiales en el uso y conservación de los suelos, ya que los procesos de alcalinización y anegamiento derivados disminuyen considerablemente la productividad y adaptabilidad de las tierras.

Palabras clave: cartografía, capa freática, sodio.





DESARROLLO DE SUELO A PARTIR DE TEFRA DEPOSITADA POR EL COMPLEJO VOLCANICO PUYEHUE-CORDON CAULLE

Ferreiro, N.^{1,*}, P. Satti², M.J. Mazzarino²

¹ Programa de Ecología de Protistas y Hongos (PEPHON), Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES), Universidad Nacional de Luján-CONICET;

² Grupo de Suelos, Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA), Universidad Nacional del Comahue-CONICET;

* Ruta 5 y Av. Constitución, (6700) Luján, Prov. de Buenos Aires, nicolasferreiro@conicet.gov.ar

RESUMEN

El Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle ha experimentado al menos seis erupciones desde el siglo XVIII que llevaron a la acumulación de varias capas de tefra intercaladas con materia orgánica en el camino "De los Siete Lagos". Nuestro objetivo fue estudiar la incorporación de materia orgánica, nutrientes y mesofauna a la tefra como indicadores de la incipiente formación de suelo. Se trabajó en un bosque de *Nothofagus dombeyi-Chusquea culeou*, donde las erupciones de 1960 y 2011 dieron lugar a la acumulación de dos capas de tefra separadas por una capa de materia orgánica. En enero de 2016 y febrero de 2022 se muestrearon la hojarasca actual (H), los primeros 5 cm de la tefra depositada en 2011 (T_{2011}), la capa de materia orgánica presente entre las tefras depositadas en 2011 y 1960 (MO) y la tefra depositada en 1960 (T_{1960}). En el laboratorio se determinaron características físico-químicas de la tefra (pH, conductividad, C orgánico, P disponible, N total, Al y Fe extraíbles en oxalato), y se obtuvieron los mesoinvertebrados de la tefra y la materia orgánica mediante embudos Berlese. No hubo diferencias significativas en el pH y la conductividad entre T_{2011} y T_{1960} . Sin embargo, el N total, C orgánico, Fe y Al extractables en oxalato fueron significativamente mayores en T_{1960} en ambos muestreos. El P disponible no difirió significativamente entre las capas de tefra, pero se observaron valores menores en el segundo muestreo. Asimismo, durante el segundo muestreo se observó un incremento en el Fe y Al extractables a lo largo del perfil, que sólo fue significativo para la capa más joven de tefra. La densidad y riqueza de invertebrados fue significativamente mayor en H que en los restantes estratos. Por otro lado, H y MO presentaron densidades de invertebrados significativamente mayores a T_{2011} y T_{1960} ; los grupos dominantes fueron ácaros y colémbolos.

Palabras clave: tefra, nutrientes, invertebrados.

INTRODUCCION

Localizada a lo largo del borde SE del Anillo de Fuego del Pacífico, la Patagonia Andina incluye aproximadamente 50 volcanes activos, lo cual la convierte en un lugar ideal para estudiar el desarrollo de suelos a partir de depósitos volcánicos. La deposición intermitente de tefra es común en toda la región, sin embargo, el marcado gradiente O-E de precipitaciones y su efecto sobre la vegetación, determina que en Argentina sólo se formen Andisoles en los bosques patagónicos (Broquen et al., 2005). La tefra es el material parental que más controla la formación de suelo y la andosolización, que consiste en la rápida meteorización "in situ" con alta producción de materiales no cristalinos y acumulación de materia orgánica; es el principal proceso formador de suelo a partir de tefra. Los Andisoles son suelos de formación relativamente rápida, 100-200 años; sin embargo, las erupciones frecuentes pueden llevar a la acumulación de varias capas de tefra durante la formación del suelo.



El Complejo Volcánico Puyehue Cordón Caulle (CVPCC) es un cluster de centros eruptivos de actividad Pleistoceno-reciente ubicado en el sur de Chile (40,5°S y 72,2°O) que se extiende a lo largo de 20 km, incluyendo un sistema de fisuras de orientación NO-SE (Cordón Caulle) y un estrato volcán ubicado hacia el E (Puyehue) (Singer et al. 2008). El CVPCC experimentó al menos seis erupciones durante la historia reciente (1759, 1893, 1921, 1960, 1990 y 2011). Daga et al. (2006) extrajeron un corer de 39 de sedimentos del lago Nahuel Huapi, cerca del CVPCC y el camino "De los Siete Lagos", que mostró la presencia de dos capas de tefra en la sección superior ligadas a las erupciones del CVPCC ocurridas en 1921-1922 y 1960.

La erupción del 4 de junio de 2011 enterró los suelos del bosque del camino "De los Siete Lagos" bajo 30 cm de tefra tamaño arena (Gaitán et al. 2011). El color claro de la tefra del CVPCC en contraposición al color oscuro de la materia orgánica permite distinguir hasta tres capas de tefra en un perfil de suelo (Figura 1).

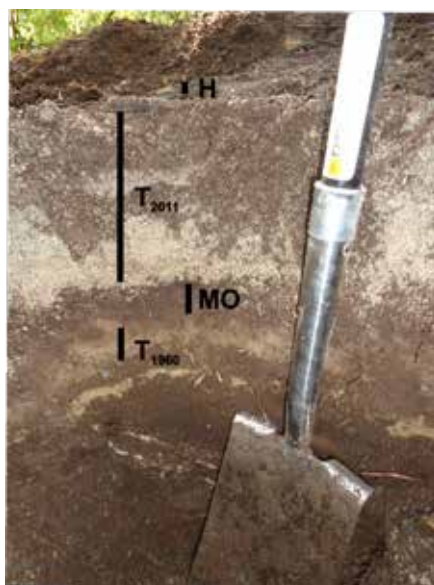


Figura 1. Perfil de suelo en el camino "De los Siete Lagos" mostrando las capas estudiadas.

Nuestro objetivo fue estimar la incorporación de materia orgánica y nutrientes a las tefras depositadas en 1960 y 2011. Además, estudiar la densidad y riqueza de la mesofauna en las capas de tefra y materia orgánica asociadas, como indicadores de la formación de un suelo incipiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en tres sitios separados por al menos 2 km del bosque de *Nothofagus dombeyi*-*Chusquea culeou* que atraviesa el camino "De los Siete Lagos". En enero de 2016 y febrero de 2022, se obtuvieron de cada sitio: 1) La hojarasca actual (H), 2) Los primeros 5 cm de la tefra depositada en 2011 (T_{2011}), 3) La capa orgánica presente entre las tefras depositadas en 2011 y 1960 (MO), y 4) La tefra depositada en 1960 (T_{1960}). Cada muestra estuvo compuesta por 2 submuestras.

Tefra: Cada muestra de sustrato se obtuvo a partir de 2 submuestras tomadas al azar en cada sitio. Las muestras se secaron al aire y el sustrato se tamizó por malla de 2 mm (para estimar pH, conductividad eléctrica, P extraíble, C orgánico y N total). El P se extrajo con 0,5 M NaHCO_3 y se determinó con el método del ácido ascórbico (Olsen & Sommers 1982). El N total se estimó mediante el método de semi micro Kjeldahl, y el C orgánico por el método de Walkley Black modificado (Nelson & Sommers 1996) calentando a 150°C en dicromato de potasio y ácido sulfúrico. Además, se estimaron el hierro (Fe_o) y aluminio (Al_o) extraíbles en oxalato para estudiar el progreso en la formación del suelo, ya que esta extracción disuelve todo el Al y Fe presente en los minerales no cristalinos (alofanos, imogolita y ferrohídrita) y complejos humus-Al/Fe.

Comunidad de invertebrados: Se obtuvieron los invertebrados de la tefra y materia orgánica mediante embu-



dos Berlese (15 cm diámetro, 20 cm profundidad, 2 mm tamaño de malla, sin iluminación) ubicados sobre recipientes plásticos con alcohol 70%, durante 15 días a 25 °C. La densidad de invertebrados se estimó por metro cuadrado.

Finalmente, los parámetros físico-químicos del material original expulsado por el CVPCC en 1960 se estimaron a partir de una muestra de la tefra depositada en 1960 que se encuentra resguardada en el depositario del Museo de la Patagonia (S. C. Bariloche, pcia. Río Negro), y ha sido previamente estudiada por Daga et al. (2014). Los parámetros físico-químicos de la tefra depositada en 2011 han sido reportados previamente (Ferreiro et al. 2020a).

Análisis estadístico: Se estudiaron las diferencias entre tefras para las variables respuesta (pH, conductividad, P extraíble, N total, C orgánico, Al_o y Fe_o) mediante análisis de la varianza de dos factores (1er Factor tefra: 2 niveles = T_{2011} y T_{1960} , y 2do Factor Muestreo: 2 niveles = 2016 y 2022). El efecto del estrato sobre la densidad y riqueza de invertebrados fue evaluado mediante un análisis de la varianza de dos factores (1er Factor estrato: 4 niveles = H, T_{2011} , MO y T_{1960} , y 2do Factor Muestreo: 2 niveles = 2016 y 2022). Se chequearon la normalidad (Kolmogorov–Smirnov test, $P > 0,05$) y homocedasticidad (Cochran C test, $P > 0,05$) de todas las variables antes de la realización de los test paramétricos. Cuando las variables no cumplieron con los supuestos (densidad y riqueza de invertebrados), se les aplicó una transformación logarítmica. Los análisis fueron realizados con el programa estadística SPSS 14.0 for Windows.

RESULTADOS Y DISCUSION

No hubo diferencias significativas en el pH y conductividad entre T_{1960} y T_{2011} en ambos muestreos. Sin embargo, ambas capas de tefra mostraron un descenso en sus valores de pH y conductividad respecto a los materiales originales, que podría explicarse por la adición de materia orgánica (Tabla 1). Por otro lado, T_{1960} y T_{2011} mostraron en ambos muestreos importantes incrementos en P, N y C orgánico respecto a sus respectivos materiales originales. Los valores de N total y C orgánico estimados para T_{2011} en el muestreo de 2016, muestran que en sólo cinco años el material original puede incrementar su N y C orgánico en un orden de magnitud. Por otro lado, el muestreo de 2022 indica que durante los cinco años subsiguientes las concentraciones de N total y C orgánico llegan a triplicarse. En cuanto a T_{1960} , los resultados de N total y C orgánico fueron similares en ambos muestreos indicando la existencia de una estabilización en la tasa de incorporación de materia orgánica a partir de (por lo menos) los 55 años. Las estimaciones de N total y C orgánico en 2016-2022 señalan que en 55-60 años el material original del CVPCC incrementa su N total y C orgánico en diez y treinta veces, respectivamente (Tabla 1).



Tabla 1. Propiedades físico-químicas de los materiales originales de 1960 y 2011, y de las capas de tefra de 1960 y 2011 muestreadas en el camino "De los Siete Lagos" en enero de 2016 y febrero de 2022. CE = conductividad eléctrica.

	CE (dS/m)	pH	C orgánico (g/kg)	N total (g/ kg)	Olsen-P (mg/kg)	Al _o %	Fe _o %
Material original							
Erupción de 1960	0,25	6,6	0,9	0,02	1	-	-
Erupción de 2011	0,12	6,6	0,2	0,01	1	-	-
Depósitos de tefra							
Muestreo de 2016							
T₁₉₆₀	0,06 (0,02)	5,4 (0,1)	11 A (7)	0,72 A (0,3)	6 a (2)	0,046 A (0,019)	0,105 A (0,031)
T₂₀₁₁	0,03 (0,01)	5,9 (0,4)	1,9 B (0,8)	0,11 B (0,04)	5 a (1)	0,011 Bb (0,001)	0,046 Bb (0,007)
Muestreo de 2022							
T₁₉₆₀	0,03 (0,01)	5,5 (0,4)	12 A (5)	0,79 A (0,24)	2 b (1)	0,094 A (0,025)	0,230 A (0,081)
T₂₀₁₁	0,03 (0,02)	5,8 (0,4)	7 B (5)	0,32 B (0,07)	3 b (1)	0,018 Ba (0,007)	0,107 Ba (0,018)

Para los depósitos de tefra: Promedio (desvío estándar), n = 3. Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre T₁₉₆₀ y T₂₀₁₁, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre muestreos (p<0.05).

Las concentraciones de P extraíble fueron muy bajas en ambos materiales originales del CVPCC, y se multiplicaron por cinco en T₂₀₁₁ y T₁₉₆₀ en el muestreo de 2016. En el muestreo de 2022, ambas capas de tefra sufrieron una reducción similar en el P extraíble. Estos resultados indican que el P extraíble tendría una dinámica independiente a la del C y N. Los incrementos en el fósforo se vincularían estrictamente con la meteorización de la tefra, mientras que los descensos en su disponibilidad podrían explicarse por la captación realizada por las plantas (Ferreiro et al. 2020b).

La concentración de Fe y Al extractables en oxalato fueron significativamente mayores en T₁₉₆₀ que en T₂₀₁₁ en ambos muestreos, señalando la existencia de un mayor desarrollo en la tefra más antigua. A su vez, en el segundo muestreo se detectó un incremento significativo en el Fe y Al extractable de T₂₀₁₁ pero no de T₁₉₆₀. Esto sugiere que la tefra más joven se encuentra incorporando minerales amorfos y complejos humus-Fe/Al a una tasa mayor que la tefra más antigua.

Con respecto a los invertebrados, se muestrearon 220 individuos pertenecientes a 24 taxa, ubicados preferentemente en las dos capas orgánicas (**Figura 2**).



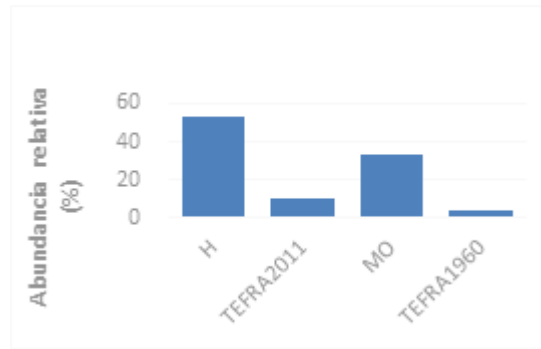


Figura 2. Abundancia relativa de invertebrados por estrato para ambos muestreos.

No hubo diferencias significativas en la densidad y riqueza entre los muestreos. La densidad de invertebrados fue significativamente mayor en H que en T₂₀₁₁ y T₁₉₆₀, ubicándose MO en una posición intermedia. La riqueza de invertebrados fue significativamente mayor en H (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de la densidad (N/m²) y riqueza de invertebrados por estrato para ambos muestreos (desvío estándar). Diferentes letras indican diferencias significativas entre estratos ($p < 0,05$).

	H	T2011	MO	T1960
Densidad (N/m²)	6149 A (3197)	1346 B (1376)	2729 AB (4100)	509 B (510)
Riqueza	8 A (3)	2 B (1)	3 B (3)	1 B (1)

Los grupos dominantes fueron ácaros (61%) y colémbolos (14%), abundancias relativas para ambos muestreos (Tabla 3).

Tabla 3. Abundancias relativas por estrato (%) en ambos muestreos, para los principales grupos de invertebrados.

	H	T2011	MO	T1960	Todos los estratos
Acari					
Astigmata	5	43	25	0	15
Mesostigmata	9	0	4	11	6
Oribatida	23	9	54	11	31
Prostigmata	9	13	4	44	9
Collembola					
Isotogastruridae	4	0	0	0	2
Isotomidae	4	0	4	0	4
Microfalculidae	4	0	1	11	3
Poduridae	7	13	0	0	5
Insecta	12	4	0	0	7
Araneae	3	0	0	0	2
Oligochaeta	13	4	7	0	10
Nematoda	4	9	0	23	4
Otros	3	4	0	0	2
Total	100	100	100	100	100

Los suelos formados a partir de sustratos volcánicos se caracterizan por la elevada capacidad de retención de agua, la persistencia de la materia orgánica y la retención de fosfatos. Los incrementos estimados en el contenido de C orgánico y AlO/FeO coinciden con los esperados durante el desarrollo de un suelo volcánico. Sin embargo, la importante variación en el fósforo extraíble entre muestreos sugiere que los sustratos estudiados aún carecen de una capacidad significativa para retener fosfatos.

CONCLUSIONES

- Las frecuentes erupciones del CVPCC han enterrado los suelos del camino "De los Siete Lagos" bajo varias capas de tefra intercaladas con capas de materia orgánica (la hojarasca del bosque en el momento de la erupción).

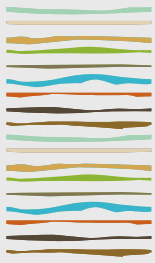
- El contraste en el contenido de materia orgánica entre H-MO y T2011-T1960 se refleja en la distribución discontinua de los invertebrados, preferentemente ubicados en H y MO.

- Los incrementos observados en el contenido de materia orgánica y Fe_o/Al_o respecto a los materiales originales se encontraron de acuerdo con lo esperado durante el desarrollo de un suelo volcánico.

BIBLIOGRAFÍA

- Broquen, P; JC Lobartini; F Candan & G Falboa. 2005. Allophane, aluminum, and organic matter accumulation across a bioclimatic sequence of volcanic ash soils of Argentina. *Geoderma* 129: 167–177.
- Daga, R; S Ribeiro Guevara; DG Poire & M Arribére. 2014. Characterization of tephra dispersed by the recent eruptions of volcanoes Calbuco (1961), Chaitén (2008) and Cordón Caulle Complex (1960 and 2011), in Northern Patagonia. *J. S. Am. Earth Sci.* 49:1–14.
- Ferreiro, N; M Gonzalez-Polo; P Satti & MJ Mazzarino. 2020a. La erupción del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle (2011) y sus efectos sobre los suelos de Patagonia Norte. En: PA, Imbellone & OA Barbosa (eds.). *Los suelos y el vulcanismo en Argentina*. AACs, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Ferreiro, N; P Satti; E Castán; L Álvarez Soria & MJ Mazzarino. 2020b. *Lupinus polyphyllus* Lindl. and *Rumex acetosella* L. effects on nutrient accumulation and microbial activity on tephra from the Puyehue–Cordón Caulle eruption (2011). *Austral Ecology* 45: 968–976.
- Gaitán, JJ; F Raffo; J Ayesa; F Umaña & D Bran. 2011. Zonificación del área afectada por cenizas volcánicas en Río Negro y Neuquén. *Revista Presencia* 57:5–7.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. En: DL, Sparks; AL Page; PA Helmke; RH Loeppert; PN Soltanpour; MA Tabatabai; CT Johnston & ME Sumner (eds.). *Methods of soil analysis, Part 3 - Chemical methods*. pp. 961–1010. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
- Olsen, SR & LE Sommers. 1982. Phosphorus. En: AL Page, RH Miller & DR Keeney (editores). *Methods of soil analysis, Part 2 - Chemical and Microbiological Properties*. pp. 403–430. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
- Singer, BS; BR Jicha; MA Harper; JA Naranjo; LE Lara & H Moreno-Roa. 2008. Eruptive history, geochronology, and magmatic evolution of the Puyehue-Cordón Caulle volcanic complex, Chile. *Geol. Soc. Am. Bull.* 120: 599–618.





CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN UN ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA DE USHUAIA

Gómez Samus, M.^{1*}, M. Martínez¹, F. Ponce^{1,2}, L. Jara Poza¹, P. Bottone¹, C. Lobo¹, M. Peñalva¹, S. Kong¹, I. Magneres², A. Moretto^{1,2}

¹ Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional de Tierra Del Fuego (ICPA-UNTDF);

² Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET);

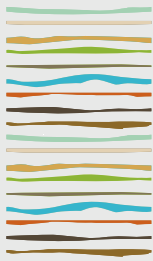
*Fuegia Basket n° 251 (9410) Ushuaia, Prov. de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, mlgomezsamus@untdf.edu.ar

RESUMEN

Desde mediados del año 2000 se observa una expansión de urbanizaciones cerradas en el sector periurbano de Ushuaia, principalmente sobre áreas ambientalmente frágiles como los bosques nativos en sectores de pendientes pronunciadas. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar suelos de una zona periurbana de Ushuaia, la cual se encuentra en proceso de urbanización. Se examinaron seis perfiles ubicados en la ladera sureste del Monte Susana y se efectuó la descripción de campo detallada, incluyendo rasgos morfológicos externos e internos, así como la determinación de resistividad eléctrica in-situ. En laboratorio se determinaron parámetros físico y químicos de los horizontes genéticos, incluyendo granulometría, pH (hidrolítico y potencial) y conductividad eléctrica, pérdida de masa por calcinación a diferentes temperaturas y variación colorimétrica. Esto permitió hacer inferencia sobre la génesis de los suelos, los procesos formativos y efectuar una clasificación preliminar. Se constata la influencia del material originario en la diversidad edáfica. Los materiales glaciogénicos constituyen el material originario más extendido, a partir del cual se desarrollan principalmente Inceptisoles con epipedón úmbrico. Estos materiales son de gran heterogeneidad granulométrica y determinan numerosas discontinuidades litológicas en el perfil de suelos. Cuando estos son más permeables se incrementa la acidez del suelo (pH inferior a 5,5) y más claro es el proceso de podzolización (horizontes Bs, Bh y/o Bhs, y en ocasiones horizontes E), por ejemplo Spodic Dystricryept. Por el contrario, cuando son menos permeables la tendencia es hacia la formación de Histosoles (Histic Cryocryepts), con pH levemente mayor (pH 6) y sin desarrollo de sector iluvial. En zonas de mayor pendiente se registran depósitos coluviales de mayor permeabilidad y desarrollo de Spodosoles (Typic Humicryod), o bien, cuando la capa de roca es muy cercana a la superficie se desarrollan suelos líticos (por ejemplo Lithic Cryotents y Lithic Humicryepts). En la zona costera, la presencia de materiales calcáreos controla el desarrollo de Molisoles (Typic Cryrendolls), con tendencia alcalina (pH 7 – 8) y sin movilización coloidal. Es destacable en cuanto a su importancia de conservación la presencia de materia orgánica en distinto grado de descomposición en la mayoría de los horizontes superficiales (Oa y Oe). Esto deja en evidencia el potencial de estos suelos como sumidero de C, donde el bosque nativo a través de la producción de hojarasca representan el principal ingreso de materia orgánica. Los resultados obtenidos pueden ser tenidos en cuenta para el ordenamiento ambiental del territorio en los sectores relevados y complementar la toma de decisiones.

Palabras clave: clasificación de suelo, suelos de bosque, urbanización.





FORMACIÓN DE NEO-HORIZONTE EN SUELOS AFECTADOS POR LA ERUPCIÓN DEL CHAITÉN: INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

González Comunian, D.¹, C.G. Buduba^{1,2}, L. La Manna^{1,3*}

¹ Centro de Estudios Ambientales Integrados, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEAf Esquel.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

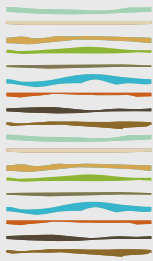
* Ruta 259, Km 16,4 (9200) Esquel, Prov. de Chubut, llamanna@unpata.edu.ar

RESUMEN

El 2 de mayo de 2008 el volcán Chaitén (42°50'19"S, 72°38'53"W), comenzó a hacer erupción, liberando grandes columnas de ceniza que, en Argentina, afectaron amplias superficies, principalmente en la provincia del Chubut. Después de 14 años, se observa en determinados sitios la formación de un nuevo horizonte sobre la ceniza. El objetivo de este estudio fue caracterizar el neo-horizonte a lo largo de un gradiente bio climático. El estudio se llevó a cabo en un gradiente longitudinal comprendido entre los 71°55'21"W, a 72 km del volcán Chaitén, y 71°25'15"W, a 101 km del volcán, abarcando un gradiente de precipitación anual de ca. 2000 a 600 mm de oeste a este. Fueron muestreados 16 sitios de pastizal, en los que se midió el espesor de la ceniza y del horizonte suprayacente. Se determinó el contenido de materia orgánica (MO) total y MO asociada a agregados estables de distinto tamaño: macroagregados (250-2000 μm) y microagregados grandes (53-250 μm). En 11 de los 16 sitios muestreados se evidenció la presencia de ceniza y un neo-horizonte. Hacia el oeste (cercano al volcán) la capa de ceniza fue de mayor espesor, continua y uniforme (2,1 a 3,2 cm); mientras que hacia el este la capa resultó irregular y de menor espesor (0,4 a 0,8 cm), conservada únicamente en micro-sitios más húmedos, menos expuestos al viento, y con menor intervención antrópica. Los horizontes neoformados, suprayacentes a la ceniza, presentaron un espesor comprendido entre 0,9 a 3,0 cm, estimándose una tasa de desarrollo de suelo de 0,6 a 2,1 $\text{mm a}\text{ño}^{-1}$. El nuevo horizonte presentó un contenido promedio de MO de $13,0 \pm 1,5\%$, en un rango entre 6,7 y 24,9%. El contenido de MO en macroagregados estables estuvo comprendido entre 1,7 y 8,9% (valor medio: $4,9 \pm 0,6\%$), y en microagregados grandes entre 0,9 y 2,6% (valor medio: $1,8 \pm 0,2\%$). No se encontró una correlación clara entre los contenidos de MO y el gradiente longitudinal. En aquellos sitios en que el espesor de la ceniza permitió un muestreo individualizado, fue encontrado un enriquecimiento de la ceniza reciente con materia orgánica, variando entre 2,4 y 8,4%. A su vez, se registró un proceso de agregación de la ceniza, que ya no se presenta como material totalmente suelto, sino conformando macroagregados estables (7,2%) y microagregados grandes (41,9%). El contenido de MO en los macroagregados estables de la capa de ceniza fue $2,7 \pm 0,2\%$, y en los microagregados grandes, $0,7 \pm 0,1\%$. Los resultados indican que, a tan solo 14 años de la erupción del Chaitén, es posible cuantificar propiedades edafogenéticas en este neo-horizonte en formación, gracias a la rápida alteración de la ceniza, a los aportes orgánicos de la vegetación, y a la acumulación de material traído por el viento.

Palabras clave: neo-formación, suelos volcánicos, MO asociada a agregados.





GENERACIÓN DE MAPAS DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA ÚTIL EN LA REGIÓN CHACO-PAMPEANA ARGENTINA

Gusmerotti, L.A.^{1,2*}, J.L. Mercáu³

¹Instituto de Clima y Agua, CIRN, CNIA, INTA;

²Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, UNLP; ³AER San Luis, INTA

*De Los Reseros y N. Repetto S/N (1686), Hurlingham, Buenos Aires, gusmerotti.lucas@inta.gob.ar

RESUMEN

La disponibilidad de agua en el suelo condiciona sensiblemente la producción de cultivos agrícolas y forrajeros. En general, la capacidad de retención de agua útil (CRA) de los suelos varía fundamentalmente según su composición textural. El objetivo de este trabajo fue generar mapas de CRA en la Región Chaco-Pampeana a partir de la textura, en base a diferentes funciones de pedotransferencia utilizadas por diversos autores. Se realizó una simplificación de la CRA de los suelos de la región a partir de su composición textural e impedancias para el crecimiento radical. La información se obtuvo de las cartas de suelos elaboradas por el INTA. Se extrajeron las texturas de los horizontes de los suelos presentes en las unidades cartográficas hasta 1 y 2 metros de profundidad, cuya sumatoria constituyó la CRA de cada unidad. Los mayores valores de CRA se observaron en el Centro y Este de Córdoba, Sur de Santa Fe y Norte de Buenos Aires (150 y 300 mm hasta 1 y 2 metros de profundidad, respectivamente). Por su parte, los menores valores se evidenciaron en el Sur de San Luis, Centro Oeste de La Pampa, Noroeste de Córdoba y Suroeste de Buenos Aires, dado por la presencia de texturas arenosas con baja retención hídrica y/o presencia de horizontes líticos o petrocálcicos. El resto de la región presentó valores que se ubicaron entre los 120-140 mm hasta 1 metro y 240-260 mm hasta 2 metros. Los mapas obtenidos permitieron captar y visualizar la variabilidad espacial de la CRA de los suelos en la Región Chaco-Pampeana, los cuales resultan de utilidad para diversas aplicaciones agronómicas y/o ambientales.

Palabras clave: agua edáfica, composición textural, cartas de suelo.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua es el principal factor limitante de la producción de cultivos a nivel global (Andrade, 2016). La cuantificación de la capacidad de los suelos para almacenar agua útil disponible para los cultivos es fundamental para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos (McCabe & Wood, 2006).

En la Región Chaco-Pampeana de Argentina las diferencias en la capacidad de retención de agua útil (CRA) de los suelos impactan significativamente en la producción de cultivos agrícolas y forrajeros. La CRA por cada centímetro de suelo explorado por las raíces surge de la diferencia entre dos valores discretos de potencial mátrico: capacidad de campo (-33 kPa) y punto de marchitez permanente (-1500 kPa). Si bien ambas aproximaciones pueden medirse experimentalmente a campo o estimarse en laboratorio, requieren un elevado esfuerzo para contemplar su alta variabilidad espacial. Una alternativa efectiva es su modelización a través de funciones de pedotransferencia (FPT) (Pérez Cutillas *et al.*, 2015).

Las FPT permiten estimar diferentes parámetros hidráulicos del suelo a través de atributos morfológicos de fácil obtención (e. g. composición textural, densidad aparente, contenido de carbono orgánico, estruc-



tura). Numerosos autores han utilizado diferentes FPT para estimar la CRA de suelos con granulometrías contrastantes (e. g. Damiano & Taboada, 2000; Saxton & Rawls, 2006; Zimmermann & Basile, 2008; Soracco *et al.*, 2010), cuyos valores se relacionan principalmente con la composición textural y el contenido de materia orgánica (Andriani, 2018). Las cartas publicadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) brindan información sobre la distribución espacial de las propiedades del suelo, entre ellas la textura, a diferentes escalas. En este trabajo se generaron mapas de CRA en la Región Chaco-Pampeana a partir de información sobre la textura brindada por las cartas de suelos, en base a diferentes FPT utilizadas por diversos autores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medio geográfico

La región de estudio comprendió las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Santa Fe, Santiago del Estero y San Luis, las cuales se encuentran en diferentes regiones naturales (Casas & Albarracín, 2015) y concentran la mayor proporción del área sembrada con cultivos agrícolas y forrajeros de Argentina. La superficie de la región es de aproximadamente 100 millones de hectáreas y representa una de las áreas sedimentarias más planas del planeta, con una porción muy grande del territorio con pendientes menores a 0,1% (Jobbágy *et al.* 2008). El clima es templado húmedo hacia el sur y tropical húmedo hacia el norte, con temperaturas medias anuales de 14°C y 22°C respectivamente. Las precipitaciones medias anuales comprenden las isohietas de 500 mm en el suroeste y de 1100 mm en el noreste. Por su parte, los valores medios de evapotranspiración potencial anual (Thorntwaite) oscilan entre los 800 mm en el sur y los 1200 mm en el norte de la región. La variabilidad eco-ambiental de la región ha generado diferentes tipos de suelos, evolucionados a partir de materiales loésicos (Pereyra, 2012).

Estimación de la CRA

Se realizó una simplificación de la variabilidad de la CRA de los diferentes tipos de suelos de la región en base a su composición textural y a impedancias a la profundización radical. Los valores para cada clase textural se obtuvieron en base a FPT basadas en estimaciones a campo de la CC y el PMP. Se utilizaron ecuaciones basadas en límites hídricos medidos a campo (Ritchie *et al.*, 1989) y, en base a la revisión de las mismas (Gijsman *et al.*, 2002), para horizontes con más del 65% de arena se promediaron los valores corregidos con ecuaciones de mayor sensibilidad para texturas gruesas (Saxton *et al.*, 1986; Saxton & Rawls, 2006). En la Tabla 1 se presentan los valores de CRA asumidos para cada granulometría, expresadas en lámina de agua útil por metro de profundidad. Se asumió una profundidad de exploración de las raíces de hasta 2 metros (Dardanelli *et al.*, 2003), la cual fue restringida en aquellos perfiles con presencia de limitantes para el crecimiento radicular. Se consideraron limitantes absolutas, como la presencia de piedra o tosca, y variables, como la presencia de horizontes con escasa porosidad de oxigenación (Tabla 2). En base a los valores de CRA para cada horizonte, los mapas de CRA fueron confeccionados hasta 1 y 2 metros de profundidad o menos según el tipo de limitación presente.

Información cartográfica

Se utilizaron las cartas de suelos elaboradas por el INTA a diferentes escalas espaciales. En Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe se usaron escalas de semidetalle (1:50.000), mientras que en el resto de las provincias las escalas fueron de reconocimiento (1:100.000 en Entre Ríos, La Pampa y San Luis, y 1:500.000 en Santiago del Estero). En los Bajos Submeridionales santafesinos se emplearon las cartas a 1:500.000, ya que dicha zona no cuenta con información disponible a escala de semidetalle. De cada una de las cartas se extrajeron los valores de composición textural de los taxones presentes en las unidades cartográficas (UC) hasta 1 y 2 metros de profundidad. Dada la variación de la textura conforme a los cambios en los horizontes del suelo, la suma de la CRA de cada uno de ellos resultó en la CRA total de cada unidad taxonómica (UT). En el caso de las UC compuestas por dos o más UT, la CRA de la unidad se determinó a partir del porcentaje de ocupación de cada uno de ellas.

El procesamiento de la información se realizó a través del software libre QGIS ®. Los cursos y cuerpos de agua y las áreas misceláneas (e. g. afloramientos rocosos, salinas, ciudades, sierras y montañas) fueron enmascaradas en base a la información provista por las cartas de suelos. El producto final se obtuvo en formato de archivo vectorial con los valores de CRA de cada unidad cartográfica correspondiente, con su posterior



rasterización para lograr una mejor representación de la variación espacial de la CRA.

Tabla 1. CRA de las diferentes clases texturales expresadas en mm por cada metro de profundidad en base a diferentes funciones de pedotransferencia.

Clase textural	CRA (mm.m ⁻¹)
Arenosa (90% arena)	60
Areno franca (80% arena)	90
Areno franca (70% arena)	110
Franco arenosa (65% arena)	120
Franco arcillo arenosa	120
Arcillo arenosa	110
Franca	130
Franco limosa	150
Franco arcillosa	130
Franco arcillo limosa	140
Arcillo limosa	140
Arcillosa	120

Tabla 2. Profundidades consideradas para la estimación de la CRA según las diferentes limitantes presentes en los suelos.

Limitantes	Profundidad considerada (cm)
Horizontes petrocálcicos y horizontes líticos	30, 60, 90, 120 o 150
Suelos con Bt (>25-27% arcilla) de al menos 30 cm de espesor ó con Bt nátrico (<25-27% arcilla).	180
Suelos con Bt nátrico (>25-27% arcilla) y Vertisoles y Argiudoles vérticos (>40% arcilla entre 60 y 120 cm)	150
Vertisoles con pendiente de 2-5%	120

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Fig. 1 representa la variación espacial de la CRA de los suelos de la Región Chaco-Pampeana hasta 1 y 2 metros de profundidad. Los mapas obtenidos pueden ser visualizados y descargados en formato vectorial desde la plataforma GeoINTA (<http://www.geointa.inta.gob.ar/>). Dentro de la Pampa Húmeda, los suelos con mayor CRA se ubicaron en el Centro y Este de Córdoba, Sur de Santa Fe y Norte de Buenos Aires, con valores máximos de 150 mm hasta 1 metro y 300 mm hasta 2 metros. Esto se corresponde con la textura franco limosa predominante, lo cual le otorga una elevada capacidad de retención hídrica. Andriani (2006) evaluó diferentes Argiudoles típicos de Santa Fe con predominio de texturas franco limosas y encontró un rango de CRA de 291-304 mm hasta 2 metros de profundidad. Por otro lado, en la misma región los menores valores (30-60 mm) se observaron en zonas con presencia de suelos someros constituidos por horizontes petrocálcicos y/o horizontes líticos (Sur de Buenos Aires, Norte de Córdoba y Este de La Pampa). Falasca *et al.* (2007) reportaron valores de CRA inferiores a 70 mm en los sistemas de Tandilia y Ventania y en el sector serrano cordobés. El resto de la región presentó valores de CRA que oscilaron entre los 110-140 mm hasta 1 metro y 220-280 mm hasta 2 metros, constituidos principalmente por texturas francas, franco arcillosas y franco arcillo limosas. Damiano & Taboada (2000) utilizaron FPT para estimar la CRA en la Región Pampeana y obtuvieron valores similares (110-140 mm hasta 1 metro), los cuales se correspondieron con suelos bien desarrollados y sin restricciones para el crecimiento radical. Andriani (2006) halló valores de CRA de 142-155 mm (1 metro) y de 242-249 mm (2 metros) en Hapludoles del Sur de Santa Fe con texturas francas y franco arenosas.



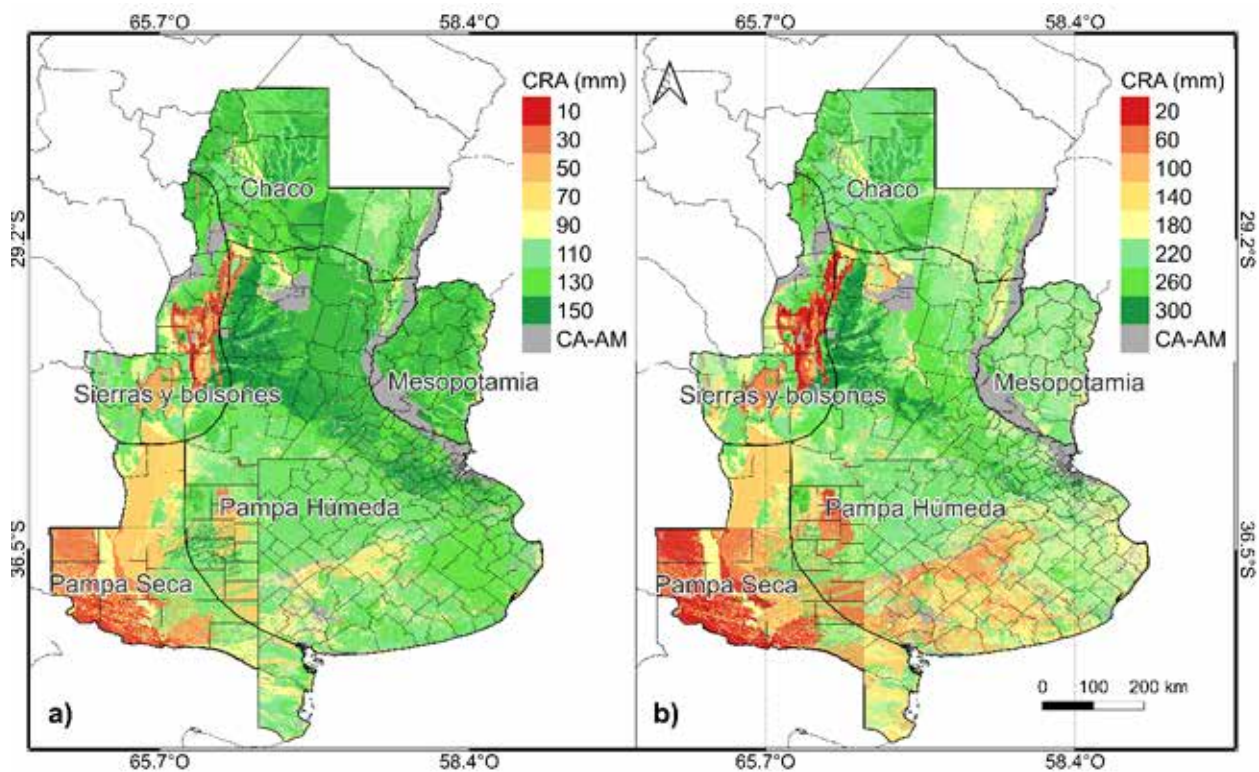


Figura 1. Capacidad de retención de agua (CRA) de los suelos de la Región Chaco-Pampeana hasta 1 (a) y 2 (b) metros de profundidad. La línea sólida negra delimita las regiones naturales. CA-AM: cursos y cuerpos de agua y áreas misceláneas.

La Pampa Seca presentó los menores valores de CRA de la Región Chaco-Pampeana. En el Sur de San Luis y Centro de La Pampa los valores oscilaron entre los 60-90 mm hasta 1 metro y entre los 120-150 mm hasta 2 metros. En estas zonas, las texturas predominantes fueron las arenosas y las areno francas (>80% arena). En el Centro-Oeste de la Pampa la CRA fue inferior a los 60 mm, dado por la existencia de tosca a profundidades variables (25, 50, 75 y 100 cm), las cuales restringieron la profundidad del perfil. En el sureste y centro de La Pampa se evidenció un aumento en la CRA, dado por la presencia de texturas franco arenosas y franco arcillo arenosas sin restricciones a la profundidad. El Sur de Buenos Aires presentó valores de CRA de 110-120 mm hasta 1 metro y de 220-240 mm hasta 2 metros. En algunos sectores, la aparición de horizontes petrocálicos generó una disminución de la CRA, sobre todo hasta 2 metros de profundidad.

En la Región de Sierras y Bolsones, el Centro-Oeste y Noroeste de Córdoba presentaron valores bajos de CRA (< 30 mm) debido a la presencia de horizontes líticos en las zonas serranas. En las Sierras del Norte de San Luis se observaron valores levemente superiores (<60 mm) hasta 1 y 2 metros de profundidad, dado por la presencia de suelos con elevados porcentajes de rocosidad (80-90%). Una porción del Oeste de la provincia de Córdoba presentó valores de 150 y 300 mm hasta 1 y 2 metros respectivamente; mientras que, en el resto de la región, la CRA fue de 100-110 mm hasta 1 metro y de 200-260 mm hasta los 2 metros. En esta zona, predominaron las texturas franco limosas, francas y franco arcillosas. En el Suroeste de Santiago del Estero, la CRA fue de 120-140 mm hasta 1 metro y de 240-260 mm hasta 2 metros de profundidad.

En la Región Chaqueña, Santiago del Estero presentó valores de CRA que oscilaron entre 120-140 mm (1 metro) y entre 220-280 mm (2 metros), asociado a texturas franco arenosas, francas y franco arcillosas. En una pequeña porción del centro de la provincia la CRA fue inferior (90 y 180 mm), a causa de la presencia de texturas areno francas con contenidos de arena de alrededor de 80%. En los Bajos Submeridionales del Norte de Santa Fe la CRA de los suelos fue de 100-110 mm hasta 1 metro de profundidad y de 160-180 mm hasta 2 metros. Las texturas predominantes fueron franco limosas y franco arcillo limosas con restricciones en la profundidad por la aparición de horizontes Bt nátricos. En la misma zona, Falasca *et al.* (2007) hallaron valores de CRA de 70-90 mm hasta 1 metro de profundidad, similares a los obtenidos en este trabajo.

Por último, en la Región Mesopotámica los valores de CRA hasta 1 metro oscilaron entre los 130-140 mm. Sólo en la porción este se observaron valores de 70-90 mm, debido a la existencia de suelos con texturas arenosas y arena francas. Por su parte, hasta 2 metros la CRA fue de 260-280 mm hacia el Oeste y de 180-200 mm hacia el Este. En la porción central la CRA se redujo a valores de 210-230 mm, debido a la presencia de horizontes con elevado contenido de arcilla (Argiudoles vérticos y Vertisoles) y, en algunos casos, con pendientes superiores al 2% que restringieron la profundidad del perfil. En este sentido, Damiano & Taboada (2000) hallaron el mismo gradiente hídrico entre las costas del Río Paraná (Molisoles) y el Río Uruguay (Entisoles e Inceptisoles) con valores de CRA hasta 1 metro de 157 y 74 mm respectivamente.

CONCLUSIONES

Se estimó la CRA de los suelos a partir de su composición granulométrica hasta 1 y 2 metros de profundidad a diferentes escalas. Los mapas obtenidos permitieron visualizar su variabilidad espacial a lo largo de la Región Chaco-Pampeana. Los mayores valores de CRA se observaron en aquellas zonas con predominancia de texturas franco limosas y franco arcillo limosas, sin restricciones para el crecimiento radical en el perfil del suelo. Por el contrario, las zonas con menores CRA fueron aquellas ocupadas por suelos de texturas más gruesas (arenosas y arena francas) y/o con restricciones para la profundización radicular. Los mapas de CRA confeccionados son la base para la realización de balances hídricos que permitan evaluar la capacidad de los suelos para amortiguar el déficit entre la demanda de los cultivos y las precipitaciones. Esto resulta de utilidad para mejorar la estimación del efecto de las sequías climáticas aparentes sobre los rendimientos de los cultivos agrícolas o los recursos forrajeros.

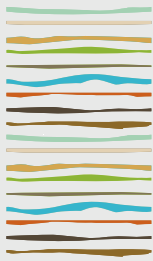
BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, FH. 2016. Los desafíos de la agricultura. 1ra. Edición. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Acaassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Andriani, JM. 2006. Contenido de agua útil de los principales suelos Argiudoles y Hapludoles del sur de Santa Fe. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, I reunión de suelos de la región andina. Salta y Jujuy, Argentina.
- Andriani, JM. 2018. Constantes hídricas y retención de agua en el suelo. En: Quiroga, RA; R Fernández & C Álvarez (Eds.). Análisis y evaluación de propiedades físico hídricas de los suelos. Pp 51-62. Ediciones INTA. Anguil, La Pampa, Argentina.
- Casas, R & G Albarracín. 2015. El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. FECIC. Tomo I y II. Buenos Aires, Argentina.
- Damiano, F & MA Taboada. 2000. Predicción del agua disponible usando funciones de pedo-transferencia en suelos agrícolas de la región pampeana. Revista Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 18 (2), 77-88.
- Dardanelli, J, D Collino; ME Otegui & V Sadras. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Satorre, EH, R Benech, G Slafer, E De la Fuente, D Miralles, ME Otegui & R Savin (Eds.). Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Pp 375-440. Editorial de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Falasca, SL, A Ulberich & MC Lamas. 2007. Constantes hidrológicas edáficas en la región subhúmeda-húmeda y húmeda oriental de la República Argentina. Instituto Panamericano de Geografía e Historia - Revista geográfica 142: 89-109.
- Gijsman, AJ; SS Jagtap & JW Jones. 2002. Wading through a swamp of complete confusion: how to choose a method for estimating soil water retention parameters for crop models. European Journal of Agronomy 18: 75-105.
- Jobbágy, E, MD Nosetto, CS Santoni & G Baldi. 2008. El desafío ec hidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. Ecología Austral 18 (3): 305-322.
- McCabe, MF & EF Wood. 2006. Scale influences on the remote estimation of evapotranspiration using multiple satellite sensors. Remote Sensing of Environment 105: 271-285.
- Pereyra, FX. 2012. Suelos de la Argentina. Ed. SEGEMAR-AACS-GEA, Anales N° 50. Buenos Aires, Argentina. Ilustraciones y cuadros.
- Pérez Cutillas, P, GG Barberá & C Conesa García. 2015. Estimación de la humedad del suelo a niveles de capacidad de campo y punto de marchitez mediante modelos predictivos a escala regional. Boletín de la Asoc. de Geógrafos Españoles, 45: 325-345.
- Ritchie, JT & DC Godwin. 1989. Obtaining soil input for the CERES model. En: Virmani, SM; HLS Tandon & G Alagarswamy (Eds.). Modeling the Growth and Development of Sorghum and Pearl Millet, Research Bulletin 12: 16-18. ICRISAT, Andhra Pradesh, India.



- Saxton, KE, WJ Rawls, JS Romberger & RI Papendick. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Science Soc. of America Journal 50: 1031-1036.
- Saxton, KE & WJ Rawls. 2006. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and organic Matter for hydrologic Solutions. Soil Science Society of America Journal 70: 1569-1578.
- Soracco, CG, LA Lozano, RR Filgueira, L Fournier & G Sarli. 2010. Funciones de transferencia edafológica adaptadas a suelos de La Plata, Argentina. Revista FCA UNCuyo 42 (2): 111-115.
- Zimmermann, ED & PA Basile. 2008. Uso de funciones de pedotransferencia para la estimación de parámetros hidráulicos en suelos limosos (Llanura Argentina). Boletín Geológico y Minero, 119 (1): 71-80.





AVANCES EN LA ACTUALIZACIÓN DE LA CARTA DE SUELOS HOJA 3363-17 MARCOS JUÁREZ

Lanfranco, M.F.^{1*}, L. Faule¹, P.A. Bollatti², M.R. Pérez³

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta Nac. N° 9 km 636 (5988), Manfredi. Provincia de Córdoba, Argentina. maurolanfranco14@gmail.com.

² Asesor independiente. Pablo Bollatti Agrosustentable. Pedro Funes 279 (2580), Marcos Juárez. Provincia de Córdoba, Argentina.

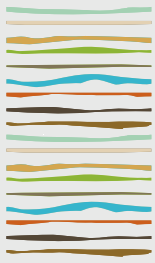
³ Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba. Av. Figueroa Alcorta 234 (5000), Córdoba. Provincia de Córdoba, Argentina.

RESUMEN

El progresivo ascenso de la capa freática en el sudeste de la provincia de Córdoba tiene gran dependencia del uso de los suelos. En 1970 solo el 20% de la superficie estaba ocupada con cultivos agrícolas ubicándose la napa a aproximadamente 11 metros profundidad, mientras que en la actualidad los cultivos ocupan un 80% del área y la napa se encuentra a 1.2 m. En consecuencia, el consumo de agua del sistema productivo ha bajado drásticamente acumulando un balance hídrico positivo año tras año. A partir del año 2020 comenzaron las tareas de actualización de la hoja 3363-17 Marcos Juárez, para estudiar los cambios en la Capacidad de Uso de los suelos. En este trabajo se llevó a cabo un relevamiento de detalle en un establecimiento ubicado al suroeste de la ciudad de Marcos Juárez. A través de tareas de fotointerpretación con imágenes satelitales, Modelos Digitales de Elevación y mapas de rendimiento, se separaron unidades de paisaje homogéneas sobre las cuales se realizaron 7 calicatas y se instalaron 11 freatómetros. Los suelos se describieron a partir de las "Normas de Reconocimiento de Suelos" de Etchevehere y se clasificaron con el sistema Soil Taxonomy 2014. Para la evaluación de tierras se tuvo en cuenta principalmente las condiciones de drenaje y peligro de anegamiento. Todos los suelos se clasificaron como Molisoles. A partir de los relevamientos de suelos y napa realizados durante la campaña de 2021, se reclasificaron las Capacidades de Uso y se compararon con las definidas en el mapa publicado en 1978. La superficie de tierras Clase I, sin limitantes, se redujo casi un 70%, pasando principalmente a las Clases II, III y IV. Se observaron problemas de drenaje y sodicidad (no descritos en estudios previos) evidenciados por la presencia de rasgos hidromórficos, halomorfismo y mermas en el desarrollo de los cultivos. De tal manera, se definieron peligros de anegamientos en diversos grados (subclase "w") en un 86% de la superficie total, de la cual un 43% también está afectada por alcalinidad sódica (subclase "s"). Cabe destacar que algunas de las variaciones con respecto a la Capacidad de Uso de las tierras se deben a la menor extrapolación que se hace en un mapa de relevamiento a escala de detalle, lo que permite tener observaciones de campo en cada ambiente sin tener que asociar a un paisaje similar. En conclusión, los cambios en las capacidades de uso definidas pueden atribuirse tanto a un relevamiento más minucioso de la relación suelo-paisaje como también a ciertos cambios en el ambiente como lo son el ascenso de la capa freática y la alcalinización de suelos. A partir de esto último se remarca la importancia de actualizar la información cartográfica para aquellas zonas donde la carta de suelos no refleje el estado actual de las tierras. De este modo, se pretende seguir avanzando en la generación y difusión de conocimientos del recurso suelo de la provincia de Córdoba que permitan planificar su uso de manera racional y contribuir a su conservación.

Palabras clave: cartografía, nivel freático, capacidad de uso.





APLICACIÓN DEL ENFOQUE FISIAGRÁFICO PARA EL RELEVAMIENTO DE SUELOS SEMIDETALLADO EN EL DEPARTAMENTO GUARANÍ, MISIONES

Moretti, L.M.^{1*}, L.M. Tenti^{2,8}, S.E. Barbaro¹, L.A. Hopechek³, M. Lanfranco⁴, F. Alvarenga¹, J. Florentín¹, N.M. Pahr⁵, A. Von Wallis⁵, D.M. Rodríguez², G.A. Schulz², D. Escobar⁶, D.D. Ybarra⁷, S.C. Perucca⁷, B.E. Iwasita¹

^{1*}INTA EEA Cerro Azul;

²INTA Instituto de Suelos, Castelar;

³Ministerio del Agro y la Producción (Misiones);

⁴INTA EEA Manfredi;

⁵INTA EEA Montecarlo, ⁶Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca; ⁷INTA EEA Corrientes;

⁸Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján.

* Ruta Nacional 14, km 836, (3313) Cerro Azul, Prov. de Misiones, moretti.lucas@inta.gob.ar

RESUMEN

Se estudia la relación paisaje-suelo en el departamento Guaraní, Misiones, aplicando el enfoque fisiográfico. Para la clasificación de las unidades de paisaje se utilizó el Modelo Digital de Elevaciones y parámetros del terreno derivados. En cada unidad se realizan descripciones del sitio (relieve, vegetación, uso del suelo) y el reconocimiento de perfiles de suelo. Los resultados permitieron diferenciar cinco unidades a nivel de Gran Paisaje: La Meseta central constituye el relieve más antiguo, con lomas muy amplias y pendientes suaves, donde dominan suelos rojos profundos (Ultisoles y Oxisoles), y se desarrolla el cultivo de té y yerba mate; las Estribaciones de la Meseta central es un sector más erosionado, con pendientes mayores y dominancia de Alfisoles rojos y Ultisoles, siendo un área de reserva ecológica; El Lomerío comprende lomadas de menor extensión y mayores pendientes que las anteriores, donde dominan Alfisoles rojos y afloramientos rocosos. Entre las lomadas se desarrollan valles en "U", donde se reconocen Alfisoles pardos y Molisoles. El uso de los suelos es para la producción de té, yerba mate, ganadería y forestación en las lomas y cultivos anuales en los valles; La Serranía se caracteriza por cerros fuertemente disectados con laderas de pendientes pronunciadas, donde los valles son estrechos y en forma de "V". Dominan los Entisoles y afloramientos rocosos en sectores cuspidales o de mayor pendiente, mientras que en áreas planas, se desarrollan Molisoles. El uso de los suelos es para producción de yerba mate, tabaco, citronela y forestación, siendo la unidad que presenta mayor cobertura de vegetación natural; El valle del Río Uruguay presenta Entisoles en sectores de pendiente y Molisoles en terrazas, donde se producen cultivos anuales. El análisis fisiográfico realizado será de utilidad para el relevamiento de suelos y la confección de la Carta a escala semidetallada del departamento.

Palabras clave: fisiografía, suelos, Misiones.

INTRODUCCIÓN

La fisiografía comprende la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litósfera, conjuntamente con el de la hidrósfera, atmósfera y la biósfera. Este enfoque fue desarrollado por Villota (2005) y aplicado para el relevamiento de suelos, donde para cada ambiente o región particular, se arriba a un modelo fisiográfico que permite la comprensión de la relación paisaje-suelo. La metodología de trabajo comprende el establecimiento de categorías jerárquicas de unidades de paisaje, que integran principalmente aspectos de relieve, clima y vegetación. Estas categorías tienen una estructura taxonómica piramidal, que de mayor a menor, se definen como: Estructura geológica (relieve a nivel continental); Provincia fisiográfica (región



morfológica con características de macrorrelieve, macroclima y geología definidas); Unidad climática (con homogeneidad de temperatura y humedad); Paisaje (con similitud en geogénesis, clima, litología y topografía general); y Subpaisaje (unidad con geogénesis específica, litología y/o edad) (Villota, 1997).

En la provincia de Misiones, este enfoque fue aplicado para el relevamiento de suelos semidetallado en un área muestral de serranía, en el departamento de Eldorado (Ligier *et al.*, 2005), resultando adecuado para la delimitación de unidades de paisaje-suelo a esa escala de trabajo.

El objetivo de esta contribución es la aplicación del análisis fisiográfico en el ámbito del departamento Guaraní, Misiones, a fin de obtener una cartografía de base que permita apoyar el relevamiento de suelos a escala de semidetalle (1:50.000).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área en estudio comprende al departamento Guaraní, Misiones (aprox. 327.000 ha) (Fig. 1). Desde el punto de vista geológico, la provincia es denominada Meseta misionera (Frenguelli, 1946) y se extiende en el límite sur de la provincia petrográfica de la cuenca del Paraná, caracterizada por el afloramiento de coladas basálticas de tipo tholeiítico (Teruggi, 1955). El clima es de tipo subtropical húmedo sin estación seca, y la vegetación natural es la selva paranaense (Cabrera, 1976).

De acuerdo con el mapa de suelos a escala de reconocimiento (INTA-SAGyP, 1990) para el departamento Guaraní, los suelos dominantes son Entisoles (Udortentes típicos), seguido por Ultisoles (Kandiudultes y Kanhapludultes ródicos), y Alfisoles "rojos" (Kanhapludalfes ródicos y Rodudalfes muy profundos). Como suelos subordinados se describen Molisoles (Hapludoles énticos), Oxisoles (Hapludoxes ródicos) e Inceptisoles (Eutocreptes dístricos). Los suelos rojos (Ultisoles, Alfisoles y Oxisoles) dominan en la región natural de la Meseta central preservada y sus estribaciones, mientras que los restantes son más frecuentes en el relieve montañoso fuertemente disectado y en el relieve fuertemente ondulado acolinado (INTA-SAGyP, 1990).

Para la delimitación de las unidades de paisaje se aplicó el enfoque fisiográfico (Villota, 2005), adoptando los criterios de clasificación y términos geomorfológicos establecidos para una planicie elevada y afectada por erosión fluvial. El mapa a nivel de Gran Paisaje se obtuvo a partir del Modelo Digital de Elevaciones MDE-Ar v2.0 de 30 m de resolución elaborado por el Instituto Geográfico Nacional, y tres parámetros del terreno derivados seleccionados: la pendiente, la distancia a las vías de drenaje y la profundidad del valle.

Sobre la base cartográfica generada, se relevaron a campo las características de cada unidad (relieve, vegetación, cultivos, etc.) y se realizaron pozos de observación en toposecuencias, a fin de caracterizar la relación paisaje-suelo. El porcentaje de la superficie ocupada por los cultivos de yerba mate, te y forestación de cada unidad de Gran Paisaje, fue calculada sobre la superficie total de cada cultivo en el departamento, a partir de los datos oficiales publicados en el sitio web de la IDE Misiones. Los perfiles reconocidos a campo fueron asociados según su ubicación y características morfológicas, a los órdenes taxonómicos determinados en el mapa de suelos de la provincia de Misiones a escala 1:500.000 (INTA-SAGyP, 1990) (Tabla 1). Para el caso de los Alfisoles, se diferencia por color en Alfisoles rojos (r) y Alfisoles pardos (p), donde en los primeros dominan los colores Munsell (seco) en la paleta (Hue) 2.5YR en todo el perfil, mientras que en los segundos predominan los de la paleta (Hue) 5YR, en los horizontes superficiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la clasificación de unidades de paisaje jerárquicas para las categorías superiores, el área en estudio pertenece a la Estructura geológica de la cuenca del Paraná, a la Provincia Fisiográfica de la Meseta misionera y a una Unidad climática de tipo subtropical húmeda, sin estación seca. En la Figura 1 se presenta el mapa a nivel de Gran Paisaje, y en la Tabla 1, la síntesis de las categorías inferiores (Paisaje y Subpaisaje) conjuntamente con los suelos dominantes reconocidos en cada unidad de Subpaisaje.



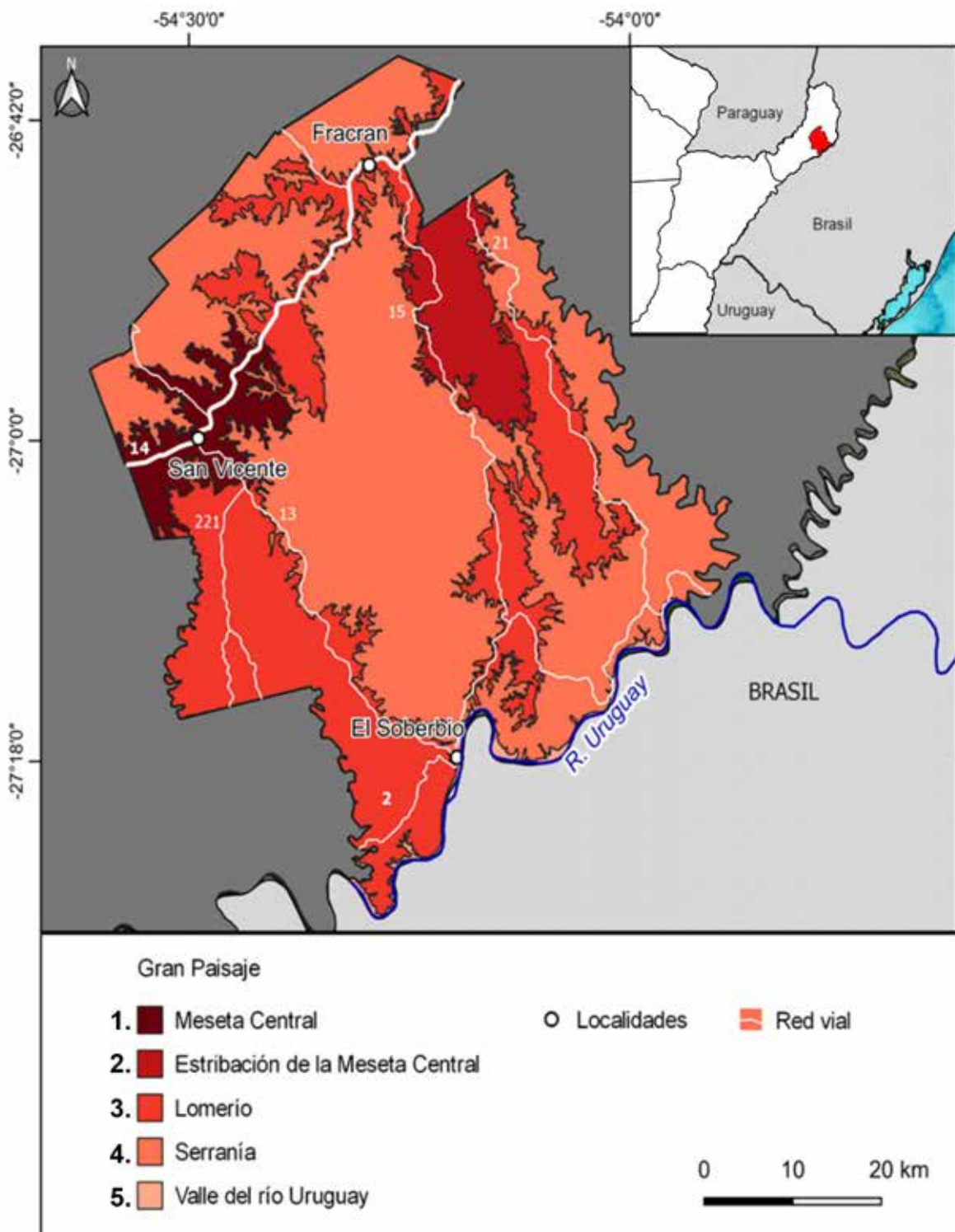


Figura 1. Ubicación del área en estudio y mapa de unidades fisiográficas (Gran Paisaje).

Tabla 1. Clasificación fisiográfica y suelos dominantes

Gran Paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Suelos dominante
1	Loma	Loma	Oxisol (A-Bo-Cr)
		Media loma	Oxisol (A-Bo-Cr)/Ultisol (A-Bt-Cr)
		Pie de loma	Inceptisol (A-Bw-Cr)/Entisol (A-AC-Cr)
		Bajo	Roca
2	Loma	Loma	Oxisol (A-Bo-Cr)
		Media loma	Ultisol/Alfisol (r) (A-Bt-Cr)
		Pie de loma	Inceptisol (A-Bw-Cr)/Entisol (A-AC-Cr)
		Bajo	Roca
3	Loma	Loma	Alfisol (r)/Ultisol (A-Bt-Cr)/Roca
		Media loma	Ídem
		Pie de loma	Entisol (A-AC-Cr)
	Ladera	Ladera superior	Entisol (A-AC-Cr)
		Ladera media	Entisol (A-AC-Cr)/Roca
		Pie de ladera	Roca
Valle en "U"	Plano aluvial	Molisol/Alfisol (p) (A-Bt-Cr)	
	Margen de arroyo	Roca	
4	Cerro	Cúspide	Roca
		Cima plana	Alfisol (r) (A-Bt-Cr)
	Ladera	Ladera superior	Entisol (A-R)
		Ladera media	Entisol (A-R)/Roca
		Rellano de ladera	Molisol/Alfisol (p) (A-Bt-Cr)
		Pie de ladera	Roca
		Barranco	Roca
	Valle en "V"	Plano aluvial	Molisol (A-Bt-Cr)
Margen de arroyo		Roca	
5	Ladera	Ladera superior	Entisol (A-AC-Cr)
		Ladera inferior	Ídem
	Terraza	Plano	Molisol (A-Bt-Cr)

A nivel categórico de Gran Paisaje se diferenciaron cinco unidades, mientras que para las categorías de Paisaje y Subpaisaje, la metodología empleada y la escala de trabajo permitió discriminar más unidades en aquellas áreas donde el relieve es más ondulado y las pendientes son más pronunciadas. A continuación se describe cada unidad de Gran Paisaje, conjuntamente con sus niveles categóricos inferiores:

La unidad de Meseta central ocupa el 6% de la superficie total del departamento y constituye la divisoria de aguas de los ríos Paraná y Uruguay en su sector noroccidental. Incluye al relieve más antiguo y geomorfológicamente más estable, caracterizado por lomas muy amplias con pendientes suaves (1-5%) y dominancia de suelos rojos profundos del orden Ultisol y Oxisol, y en menor medida, suelos pedregosos y afloramientos rocosos acotados a las posiciones más bajas. El uso de los suelos comprende principalmente el cultivo de té (43%), y parcialmente el de yerba mate (6%) y forestación (9%), este último mayormente en posiciones de pie de loma y bajo.



La unidad de Estribaciones de la Meseta central ocupa otro 6% de la superficie total. Representa a sectores más erosionados de la unidad anterior, siendo un área de reserva ecológica. Se reconocieron suelos de los órdenes Alfisol, Ultisol, Inceptisol y Entisol, además de afloramientos rocosos aislados.

La unidad de Lomeríos abarca un 30% de la superficie total e integra un conjunto de lomadas de menor extensión y con mayores pendientes (3-10%) que las anteriores. Se presenta mayormente rodeando a la unidad de Serranía, constituyendo los interfluvios de arroyos tributarios de los ríos Paraná y Uruguay, y como como divisoria de aguas de estos últimos, en el sector noreste del departamento. Los valles que se extienden entre los interfluvios son generalmente en forma de "U". Los suelos dominantes en las lomadas son Alfisoles rojos, seguido por Ultisoles, Entisoles y afloramientos rocosos. En los dos primeros se realiza mayormente el cultivo de té (44%) y yerba mate (33%), mientras que en los suelos de escaso desarrollo (Entisoles) se produce forestación (55%), tabaco o son de uso ganadero. En los valles dominan Alfisoles pardos y Molisoles de distinto grado de desarrollo, donde además de los cultivos antes mencionados, se siembran cultivos anuales como maíz.

La unidad de Serranía es la más extensa, abarcando un 57% del total del área estudiada. Se caracteriza por cerros fuertemente disectados con laderas de pendientes pronunciadas (>10%), donde los valles entre los cerros son estrechos y en forma de "V". En algunos casos estos últimos son asimétricos y los arroyos presentan un pequeño plano aluvial en una de sus márgenes. Los suelos dominantes en los cerros corresponden al orden Entisol, seguidos por Molisoles muy poco evolucionados y frecuentes afloramientos rocosos en los sectores de mayor pendiente. Cuando la pendiente es muy pronunciada se observan barrancos de basalto. En algunos casos se han observado sectores de menor pendiente (1-3%) en las laderas de los cerros, los cuales son denominados rellanos, y corresponden a antiguos pisos de valles fluviales. Aquí se han reconocido Molisoles más profundos y Alfisoles pardos. Por su parte, en los valles en "V" también pueden encontrarse Molisoles de mayor grado de evolución, acotados a los planos aluviales cuando están presentes. El uso de los suelos en los sectores de menor pendiente y con suelos más profundos, es principalmente para el cultivo de yerba mate (61%) y en mucho menor medida de té (13%). En áreas escarpadas predomina el cultivo de tabaco, citronela, la forestación (35%) y plantaciones de autoconsumo. Cabe destacar que esta unidad es la que presenta mayor cobertura de vegetación selvática, concentrada principalmente en laderas y valles.

La unidad Valle del río Uruguay comprende a un valle encajonado que se extiende en el límite sur del departamento, ocupando una superficie del 1% del total. Los suelos dominantes son Entisoles, y en niveles de terraza estrechos y de pendiente suave (1-3%), se desarrollan Molisoles, donde se producen principalmente cultivos anuales.

CONCLUSIONES

La aplicación del enfoque fisiográfico en el departamento Guaraní permitió organizar y clasificar de manera jerárquica, diferentes unidades de paisaje. Las cinco unidades de Gran Paisaje delimitadas se caracterizan, en el nivel categórico inferior (Subpaisaje), por una asociación diferente de suelos y/o usos agrícolas. Asimismo y a diferencia del mapa de suelos (Esc. 1:500.000), la escala de trabajo permitió reconocer Alfisoles pardos y Molisoles de mayor grado de desarrollo en las unidades de Lomerío y Serranía.

De esta manera, el modelo aquí obtenido será de utilidad para el relevamiento y la confección de la Carta de suelos del departamento a escala 1:50.000.

AGRADECIMIENTOS

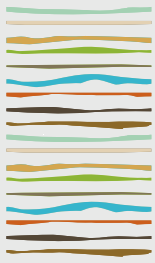
Este trabajo fue realizado en el marco de las actividades de la Red de Cartografía y Evaluación de tierras del INTA. Se agradece especialmente la colaboración del Ing. J.C. Suarez Da Silva, Ing. M. Alves Doporto e Ing. G. Dör de la AER San Vicente.



BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, A., 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Segunda edición, Tomo II, fascículo 1. Ed. Acme S.A.C.I., 85 p.
- Frenquelli, J. 1946. Las grandes unidades físicas del territorio argentino. Geografía de la República Argentina. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, GAEA 3: 1- 114, Buenos Aires.
- IDE Misiones. Infraestructura de datos espaciales Misiones. <http://ide.ordenamientoterritorial.misiones.gob.ar/>. (Acceso octubre de 2022).
- INTA-SAGyP. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Provincia de Misiones, Vol. II, pp. 107-154.
- Ligier, H. D.; Matteo, H. R.; Krauchuk, N.; Sosa, D. A.; Perucca, A. y Vallejos, O. 2005. Cartografía de mediana intensidad de un sector del departamento Eldorado (Misiones, Argentina), delineada sobre Imágenes LANDSAT 5 TM. EEA INTA Corrientes, Provincia de Corrientes, Ministerio de Ecología, Provincia de Misiones y EEA INTA Cerro Azul, Provincia de Misiones. Presentado en el Simposio Latinoamericano de Percepción Remota (SELPER), Puerto Iguazú, Misiones, Argentina.
- Teruggi, M., 1955. Los basaltos tholeiíticos de Misiones. Notas Museo de La Plata, XVIII, Geol. N° 70: 259-278.
- Villota, H. 1997. Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. Revista CIAF, 15(1): 83-117. Santa Fe de Bogotá.
- Villota, H. 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Oficina CIAF.





COEFICIENTE HIGROSCÓPICO Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA EN LA CLASIFICACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE SUELOS DE LA PAMPA ONDULADA

Morrás, H.^{1*}, E. Bressan¹, F. Biondi¹, L. Contardo¹, L. Benedito¹, J. Laghi¹

¹ Instituto de Suelos, CIRN – INTA, Las Cabañas y N. Repetto, (1686) Hurlingham, Prov. de Buenos Aires;

* morras.hector@inta.gob.ar; hector.morras@usal.edu.ar

RESUMEN

Se estudiaron cuatro perfiles de suelo localizados en una transecta en el predio perteneciente al INTA-CNIA, ubicado en el Partido de Hurlingham, en el área metropolitana de Buenos Aires. Los suelos aquí analizados, un Argiudol vértico, dos Argiudoles típicos y un Argialbol típico, se encuentran localizados en distintas posiciones topográficas y, de acuerdo a otros antecedentes, sus propiedades así como su clasificación taxonómica estarían relacionadas con su desarrollo en materiales parentales diferenciados en su composición mineralógica. En este trabajo se analizó la relación existente entre el Coeficiente higroscópico (CoH) y la Susceptibilidad magnética (SM) con otras variables físicas y físico-químicas de estos perfiles. Los resultados obtenidos ponen en evidencia el interés de la utilización conjunta del CoH y la SM como *proxy data* de variables relacionadas con la clasificación taxonómica de estos suelos, constituyendo una herramienta de gran potencialidad para los trabajos de cartografía en la Pampa Ondulada.

Palabras clave: higroscopicidad, susceptibilidad magnética, mineralogía.

INTRODUCCION

El agua higroscópica es aquella que es adsorbida a partir de la humedad atmosférica y se encuentra fuertemente fijada como delgadas películas alrededor de las partículas del suelo. El contenido total de agua retenida por los componentes higroscópicos es función de la humedad y de la temperatura de la atmósfera en la que se encuentra el suelo, denominándose Coeficiente de Higroscopicidad (CoH) el contenido máximo de humedad adsorbido por una muestra cuando se encuentra en equilibrio con una atmósfera saturada en vapor de agua. Varios autores, entre ellos Banin y Amiel (1969), Verstraten y Livens (1971) y Wuddivira et al. (2012), han señalado una correlación significativa del agua higroscópica con el contenido de arcilla, con la superficie específica y con la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Recientemente, Morrás et al. (2020) elaboraron un protocolo metodológico para el análisis de la higroscopicidad de suelos y evaluaron diversos factores determinantes de la humedad higroscópica en un conjunto de muestras correspondientes a suelos de los órdenes Molisol, Vertisol y Ultisol. Los análisis de correlación mostraron una relación directa del CoH con otros coeficientes hídricos y en particular una fuerte correlación con el Punto de Marchitez Permanente, así como también con la CIC del suelo. Correlaciones directas pero de menor grado se observaron con el % de arcilla, con el índice de plasticidad y con el COLE de las muestras. Las muestras de suelos Molisoles de la Pampa Ondulada y y Vertisoles de Entre Ríos caracterizadas por arcillas de tipo 2:1 de láminas fijas (illita) y expandibles (interestratificados I-E y esmectitas) presentaron un comportamiento lineal en la relación del CoH con diversas variables, en tanto las muestras de un Ultisol de Misiones con arcillas caoliniticas se apartaron ligeramente constituyendo un grupo diferenciado.

Por otro lado, la susceptibilidad magnética (SM) de los suelos es función de las características y concentración de los minerales magnéticos. En estudios realizados inicialmente por Nabel et al. (1999) en suelos de



la Pampa Ondulada en el área Metropolitana de Buenos Aires se encontró que diferencias en la mineralogía en la fracción de arcilla se correlacionaban con diferencias en los parámetros magnéticos. Posteriormente Morrás et al (2004-a) confirmaron valores menores de SM en un suelo esmectítico y mayores en suelos illíticos, en tanto Morrás et al (2004-b) en un número considerable de perfiles de suelos en el mismo sector encontraron una relación inversa entre la humedad equivalente y la susceptibilidad magnética. Más tarde Liu et al. (2010) estudiaron las propiedades magnéticas de un Argiudol típico y un Argiudol vértico situados muy próximos entre sí en el mismo sector de la Pampa Ondulada, poniendo en evidencia que la mayor parte del valor de la SM es heredado del material parental. El conjunto de estos trabajos indica que en este sector los suelos en las posiciones altas del relieve poseen un mayor contenido de esmectita y en consecuencia una mayor retención de humedad, presentando al mismo tiempo valores menores de SM debido a un mayor contenido de cuarzo en la arena. Por el contrario los suelos en posiciones intermedias poseen una mayor proporción de illita y comparativamente menor retención de humedad, presentando valores mayores de SM debido a un mayor contenido de minerales ferro-magnesianos en la fracción arena (Morrás y Moretti, 2016). Recientemente, Morrás et al. (2022) analizaron la susceptibilidad magnética y el coeficiente higroscópico de 49 perfiles de suelo en la Pampa Ondulada encontrando una relación inversa entre ambas variables, de mayor grado con los horizontes C de los perfiles. Los resultados mostraron por un lado un incremento del CoH hacia el río Paraná en coincidencia con el incremento de los suelos con propiedades vérticas, y por otro lado una disminución progresiva de SM en la misma dirección.

Dado estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la relación existente entre el CoH y la SM con otras variables físicas y físico-químicas de suelos de la Pampa Ondulada diferenciados taxonómicamente y localizados en distintas posiciones del relieve, así como la posible utilización conjunta de esos dos parámetros como *proxy data* de características relacionadas con el contenido y tipo de arcilla, la retención de agua, y las propiedades de expansión-contracción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron cuatro perfiles de suelo localizados en una transecta en el predio perteneciente al INTA-CNIA, ubicado en el Partido de Hurlingham en el área metropolitana de Buenos Aires (Biondi, 2021). Este predio es atravesado por cursos menores tributarios del río Reconquista y presenta un relieve característico de la Pampa Ondulada (figura 1). En términos generales y de acuerdo a la cartografía, en los planos altos se presentan Argiudoles vérticos, en los planos intermedios: Argiudoles típicos y en los planos bajos Natracuoles típicos (Gómez, 1993). En base a los estudios detallados realizados sobre suelos y sedimentos de este predio, Morrás y Moretti (2016) y Morrás et al. (2022) han elaborado un modelo geopedológico sobre la evolución de los suelos y el paisaje en este sector de la Pampa Ondulada, y particularmente una nueva interpretación sobre la génesis de los suelos vérticos del área. En el presente trabajo el perfil T1 se localiza en un sector plano en la posición más baja de la transecta estudiada; este suelo presenta un horizonte E de carácter álbico y se clasifica como Argialbol típico (figura 1). El perfil T2 se localiza en la parte media-baja de una suave pendiente y se clasifica como Argiudol típico. El perfil T3 se localiza en un plano alto y se clasifica como Argiudol vértico. El perfil T4 se encuentra también en un sector topográficamente elevado del predio pero muy próximo a un curso de agua (Arroyo de Soto); este hecho y no obstante la ubicación topográfica, habría impreso a este suelo características composicionales y de evolución pedológica que lo asimilan a los Argiudoles típicos.





Figura 1. Plano del predio del INTA-CNIA. Localización de los perfiles estudiados y su posición en el relieve, en un modelo digital de elevación del terreno.

En función de los objetivos mencionados, para este trabajo se consideraron los siguientes parámetros en cada uno de los horizontes de los perfiles de suelo seleccionados: contenido de arcilla (%) obtenido por el método de la pipeta, índice plástico (%) de acuerdo al método de Atterberg, humedad equivalente (%) determinada por centrifugación, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por saturación con acetato de NH_4 , coeficiente de higroscopicidad (%) de acuerdo al procedimiento mencionado en Morrás et al. (2020) y la susceptibilidad magnética específica en masa (χ). Los datos de estos parámetros fueron evaluados y comparados mediante métodos gráficos y análisis de correlación estadística obteniéndose el r^2 entre los pares de variables analizadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 2 se presentan los datos de algunas de las variables analizadas en cada uno de los perfiles en función de la profundidad. En todos los perfiles, el porcentaje de arcilla (figura 2-A) muestra un incremento a nivel horizonte Bt respecto al horizonte superficial y los horizontes más profundos. En estos horizontes los contenidos de arcilla son relativamente próximos entre los perfiles, oscilando alrededor de un 35%. En el Argialbol típico se evidencia además una disminución del valor de este parámetro en el horizonte E. Por su parte los datos de la CIC, al mismo tiempo que evidencian variaciones equivalentes a las de la arcilla con la profundidad, ofrecen una mayor discriminación entre los suelos estudiados (figura 2-B). Comparando los perfiles entre sí, es notoria la mayor capacidad de intercambio catiónico en el Argiudol vértico (perfil T3); el Argialbol (T1) presenta el valor más reducido, en tanto los dos Argiudoles típicos (T2 y T4) presentan valores intermedios. Los datos de la humedad equivalente (no mostrados) han presentado también una cierta coincidencia con las curvas de la CIC, particularmente en cuanto a la separación de los perfiles en tres grupos. En cuanto al Coeficiente de higroscopicidad (figura 2-C) resulta notoria la coincidencia de las oscilaciones de las curvas en función de la profundidad con las oscilaciones de la CIC. Además, este parámetro separa también claramente los suelos en los tres grupos antes mencionados. Finalmente los datos de la susceptibilidad magnética (χ) (figura 2-D) muestran un comportamiento inverso al de los parámetros anteriores, observándose que el Argiudol vértico presenta los valores menores de SM, el Argialbol típico los mayores, en tanto los Argiudoles típicos registran valores intermedios. Además, entre estos dos, el perfil T4 localizado en posición

alta del paisaje muestra valores de SM más bajos que el T2 localizado en la pendiente.

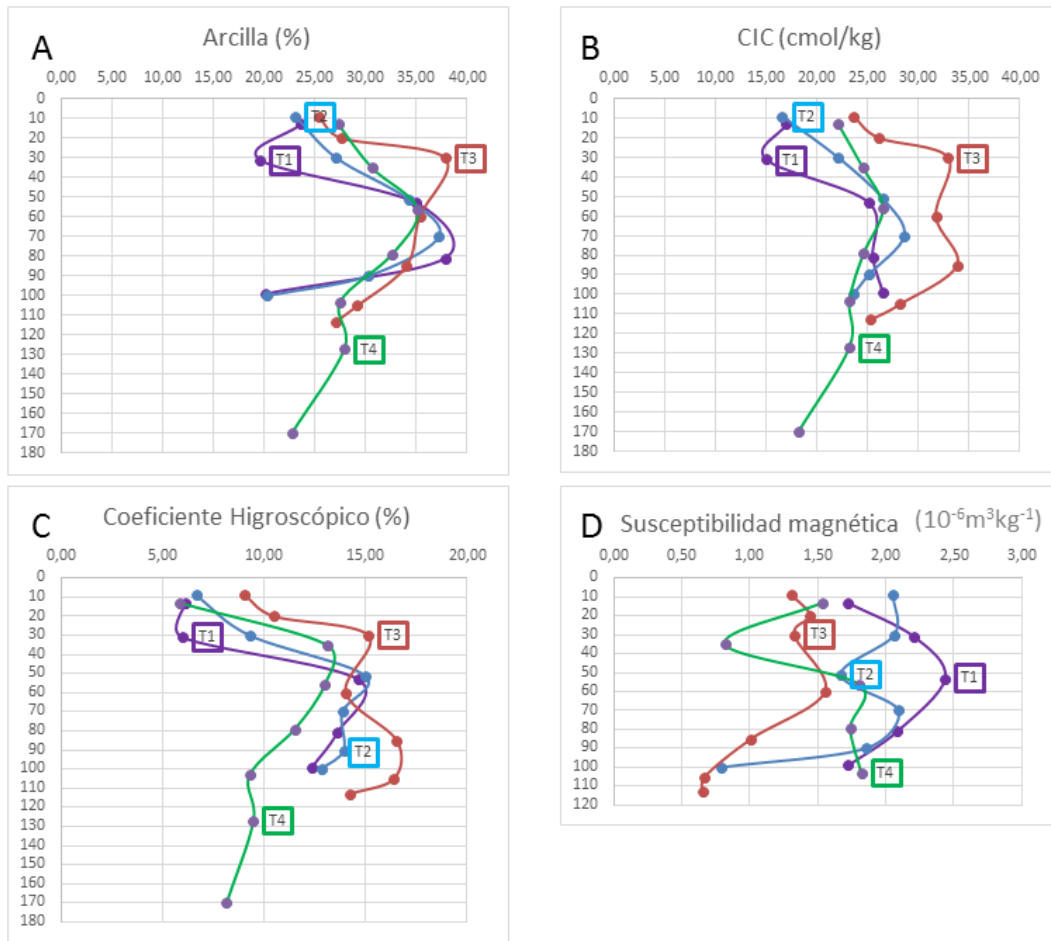


Figura 2. Variación con la profundidad en los perfiles de algunos de los parámetros analizados. A: contenido de arcilla. B: capacidad de intercambio catiónico. C: coeficiente higroscópico. D susceptibilidad magnética en masa (χ).

Por otro lado, los análisis de correlación del coeficiente higroscópico con las otras variables aquí consideradas (figura 3) muestran resultados similares a los obtenidos anteriormente en otros perfiles de la Pampa Ondulada. Entre las variables físicas, si bien el grado de correlación con el contenido de arcilla es bueno ($R^2 = 0,43$), la correlación es mejor con la humedad equivalente ($R^2 = 0,65$) y con el índice plástico ($R^2 = 0,74$). Por su parte la capacidad de intercambio catiónico del suelo, evidencia una relación directa y alta ($R^2 = 0,73$) con el coeficiente higroscópico. Esta estrecha correlación estadística entre el CoH y la CIC pone de relieve la relación de ambos parámetros con la superficie específica del suelo y particularmente con la de la fracción arcilla. Por otro lado, y de acuerdo a lo observado en estudios anteriores (Morrás et al., 2020) resulta de interés constatar que el índice de correlación entre CoH y CIC es mayor que el obtenido entre CoH y % arcilla.

Por su parte, el CoH y la SM evidencian una relación inversa de bajo grado al evaluar el conjunto de muestras, en coincidencia con los resultados obtenidos en trabajos precedentes en suelos de una amplia porción de la Pampa Ondulada (Morrás et al., 2022). Además, estos resultados son coincidentes con estudios anteriores de otros suelos del mismo predio del INTA en Castelar, en los que se pudo establecer que los suelos en posiciones topográficas más elevadas y con mineralogía de arcilla esmectítica presentaban valores de SM inferiores a los suelos en posición topográfica más baja y con mineralogía de tipo illítico (Nabel et al., 1999; Morrás et al., 2004-a,b; Liu et al., 2010).



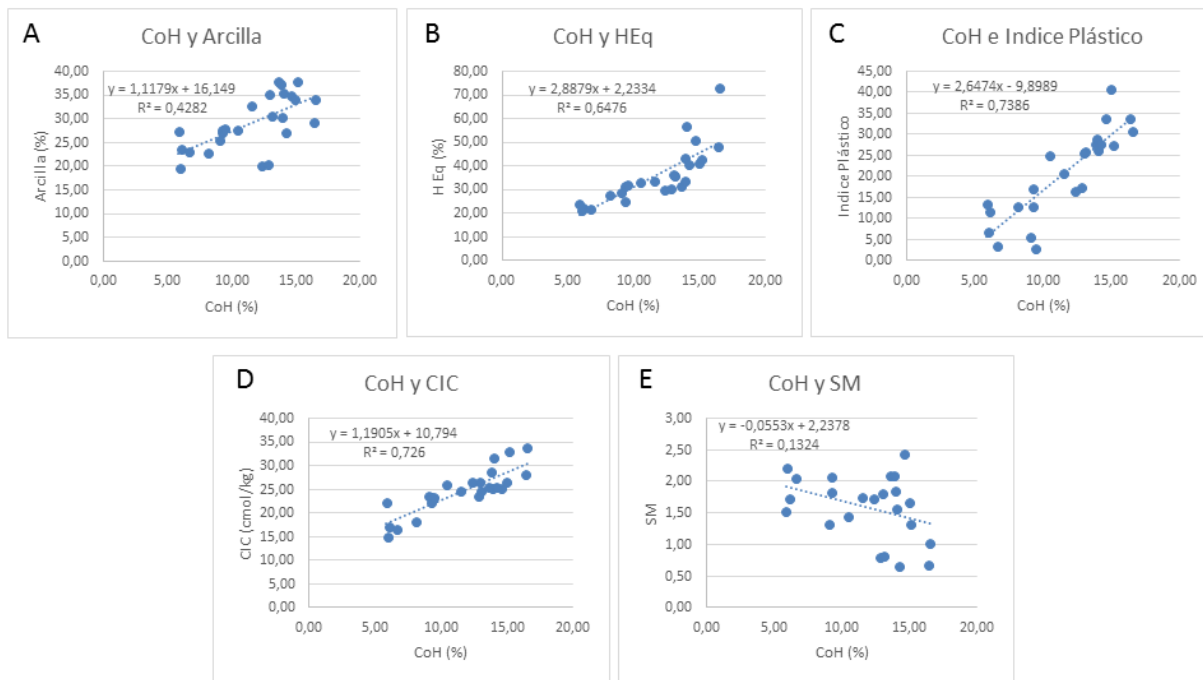


Figura 3. Relación en las muestras de suelo estudiadas entre el Coeficiente higroscópico (CoH) con el porcentaje de arcilla (A), con la humedad equivalente (B), con el índice plástico (C), con el capacidad de intercambio catiónico (D) y con la susceptibilidad magnética en masa (E),

CONCLUSIONES

El coeficiente higroscópico es un parámetro relacionado directamente con la superficie específica del suelo, integrando información sobre la cantidad y tipo de arcilla, la retención de agua y las propiedades de expansión-contracción. Para contenidos similares de arcilla, el CoH aumenta con el incremento de los minerales expandibles (esmedtita e interestratificados illita-esmedtita). Inversamente, en esta región la susceptibilidad magnética disminuye con el incremento de los minerales expandibles. Estos resultados ponen en evidencia el interés de la utilización conjunta del CoH y la SM como proxy data de variables relacionadas con los materiales parentales y con la clasificación taxonómica de suelos (mineralogía, expansibilidad), constituyendo una herramienta de gran potencialidad para los trabajos de cartografía en la Pampa Ondulada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Lic. Leonardo Tenti Vuegen por la realización del mapa con el modelo digital de elevación del terreno que acompaña este trabajo. Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto SIGEVA USal – INTA 80020210100022US.

BIBLIOGRAFIA

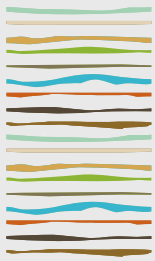
- Banin, A. & Amiel, A. 1970. A correlative study of the chemical and physical properties of a group of natural soils of Israel. *Geoderma*. 3:185-198.
- Biondi, F. 2021. Relación existente entre materiales parentales y la distribución de los suelos en la Pampa Ondulada, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 45 p.
- Gómez, L.A. 1993. Carta básica semidetallada de suelos Complejo de Investigaciones Castelar. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Provincia de Buenos Aires. 114 p., un mapa.
- Liu, Q., Torrent, J., Morrás, H., Hong, A., Jiang Z. & Su, Y. 2010. Superparamagnetism of two modern soils from the northeastern Pampean region, Argentina and its paleoclimatic indications. *Geophysical Journal International* 183 (2): 695-705.
- Morrás, H., Altinier, M., Castiglioni, M & Tessier, D. 2004a. Relación entre la mineralogía de arcillas y la susceptibilidad magnética en tres suelos del sur de la Pampa Ondulada. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos



Paraná. Libro de Resúmenes, p. 352.

- Morrás, H., Ciari, G., Grasticini, C., Cruzate, G., Altinier, M. & Castiglioni, M. 2004b. Variación espacial y relación entre la retención de humedad y la mineralogía magnética en suelos de la Pampa Ondulada. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos. Paraná. Actas (en CD-Rom).
- Morrás, H & Moretti, L. 2016. A new soil-landscape approach to the genesis and distribution of Typic and Vertic Argiudolls in the Rolling Pampa of Argentina. En: Zinck, A., Metternich, G., Bocco, G. y del Valle, H. (eds.). *Geopedology: An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies*. Chapter 11: pp. 193-209. Springer. Heidelberg, Alemania.
- Morrás, H., Benedito, L., Bressan, E. & Laghi, J. 2020. El coeficiente higroscópico de suelos. Ensayos metodológicos y aplicación al estudio de la fracción coloidal y diversas propiedades físicas y químicas asociadas. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Corrientes. En: Dalurzo, H., Toledo, D., Perucca, R., Perucca, S. (Eds.). Actas. AACCS, Buenos Aires. Archivo digital: descarga y online. Pp. 11-17. Poster: <https://bit.ly/3iQyKQU>
- Morrás, H., Bressan, E., Angelini, M., Tenti Vuegen, L., Rodríguez, D. & Schulz, G. 2022. Poligenic Vertisols and "hidden" Vertisols of the Paraná river basin, Argentina. En: del Valle, H., Metternich, G. y Angelini, M. (eds.). *Geopedology (2nd edition)*: Springer. Heidelberg, Alemania (en edición)
- Nabel, P., Morrás, H., Petersen G. & Zech, W. 1999. Correlation of magnetic and lithologic features of soils and Quaternary sediments from the Undulating Pampa. *Journal of South American Earth Science* 12 (3):311-323.
- Verstraten, L. & Livens, J. 1971. Hygroscopicity as a valuable complement in soil analysis. 1. Characterization of the hygroscopic constant. *Geoderma*, 6:255-262
- Wuddivira, M, Robinson, D., Lebron, I., Bréchet, L., Atwell, M., De Caires, S., Oatham, M., Jones, S., Abdu, H., Verma, A. & Tuller, M. 2012. Estimation of soil clay content from hygroscopic water content measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76:1529-1535.





MINERALOGÍA DE LA FRACCIÓN ARENA DE LOS SUELOS Y SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA REGIÓN PAMPEANA. UNA REVISIÓN.

Morrás, H.J.M.¹

¹ INTA-CIRN, Instituto de Suelos, Hurlingham, Pcia. de Buenos Aires y Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad del Salvador, Pilar, Pcia. de Buenos Aires.
morras.hector@inta.gob.ar; hector.morras@usal.edu.ar

RESUMEN

Se efectuó una revisión de la literatura existente sobre la composición mineralógica de la fracción arena de suelos y sedimentos superficiales de la región pampeana. Se seleccionaron diversos componentes de las fracciones livianas (vidrio volcánico, cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas y litoclastos) y pesada (piroxenos, anfíboles y micas). Esta información fue comparada con estudios recientes sobre la composición mineralógica de la fracción arena de suelos de la Pampa Ondulada y sectores vecinos, en los que se evidenció una importante heterogeneidad mineralógica y una variación composicional de sur a norte de esta sub-región. En función de los datos de la literatura pudo establecerse un claro contraste entre la composición de la fracción arena de distintos sectores de la región pampeana, permitiendo establecer una delimitación entre la Región Mineralógica (R.M.) sur, la R.M. central, la R.M. norte y la R.M. oriental. Los datos evaluados evidencian que los sedimentos loésicos pampeanos son claramente heterogéneos y sus diferencias composicionales estarían relacionadas con contribuciones variadas en tiempo y en espacio de muy diversas fuentes proximales y distales de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que rodean la llanura. Además de los aportes eólicos, los resultados sugieren una influencia considerable del transporte fluvial en la conformación de los sedimentos superficiales de esta región.

Palabras clave: arenas, mineralogía, región pampeana.

INTRODUCCION

Los sedimentos loésicos de la Región Pampeana junto con las arenas eólicas situadas hacia el oeste, abarcan un área geográficamente extensa, y se caracterizan por una composición mineralógica claramente diferente a la de los loess de diversas regiones del hemisferio norte. Siguiendo el trabajo fundamental de Teruggi, (1957), existe consenso en que las principales áreas fuente de los depósitos pampeanos de limos y arenas son las rocas basálticas y andesíticas, así como los depósitos de tobas del norte de la Patagonia y la cordillera de los Andes. En consonancia con ese criterio inicial, durante largo tiempo se consideró que estos sedimentos eran mineralógicamente homogéneos, exceptuando el hecho de la presencia de contenidos variables de vidrio volcánico. Sin embargo, un número considerable de trabajos sobre la fracción arena de sedimentos y suelos de distintos ámbitos pampeanos y chaqueños han demostrado la existencia de diversas fuentes y procesos de aporte en la formación de la masa sedimentaria (e.g. González Bonorino 1965, Bertoldi de Pomar, 1969; Morrás y Delaune, 1985; Zárate y Blasi 1993, Etchichury y Tófaló 2004). También, estudios geoquímicos y de las fracciones arcilla y limo indican variaciones espaciales en la composición mineralógica que sugieren la existencia de aportes de origen diverso. Así, revisiones recientes (Zárate 2003; 2007; Morrás 2020-a,b) sobre las características, procedencia, transporte, distribución y el registro geológico de los sedimentos loésicos de la región Chaco-Pampeana han puesto en evidencia un escenario mucho más complejo que el considerado inicialmente.



En este marco, un primer análisis de datos composicionales de la arena de horizontes C y BC de perfiles de suelo de la Pampa Ondulada y sectores proximales permitió observar variaciones espaciales, que condujeron a delimitar tres áreas mineralógicamente diferenciadas (Morrás, 2003). En una nueva etapa (Morrás, 2020-a) se analizó la variación vertical y espacial de una mayor cantidad de minerales de la arena de todos los horizontes de 67 perfiles de suelo de ese mismo sector de la Pampa Norte. El análisis detallado de los datos permitió constatar la existencia de diversas combinaciones en la composición mineralógica de la arena. De este modo se identificaron 10 tipos de perfiles o “modelos mineralógicos” caracterizados por la diferente distribución vertical de minerales mayoritarios y/o significativos por su proveniencia. Por otro lado, la distribución y asociación espacial de los “modelos mineralógicos” permitió distinguir en esta nueva etapa de análisis la existencia de siete “zonas mineralógicas” en el área estudiada (Figura 1-A). El análisis estadístico de datos de las fracciones liviana y pesada de la arena mediante el método de Componentes Principales realizado posteriormente (Morrás y Bressan, 2020) posibilitó confirmar esas interpretaciones. De acuerdo a esto, en el sector norte de la Pampa Ondulada los suelos contienen una mayor proporción de micas y anfíboles. Por el contrario, el sector meridional de la región estudiada se caracteriza por la abundancia de piroxenos y de fragmentos líticos. En el sector intermedio de la Pampa Ondulada, la franja occidental resulta transicional entre las dos anteriores, en tanto la franja vecina al eje fluvial Paraná-Río de la Plata está caracterizada por una mayor proporción de cuarzo y menor contenido de minerales pesados. El vidrio volcánico por su parte aparece en proporciones contrastantes tanto entre horizontes de un mismo perfil como entre perfiles diferentes, incluso próximos entre sí. Estas diferentes asociaciones minerales muestran una distribución espacial que confirma la existencia de contribuciones variables pero significativas de diversas fuentes y evidencian que los sedimentos superficiales de la Pampa Ondulada y áreas proximales constituyen una zona de transición entre la Pampa Sur y la Pampa Norte.

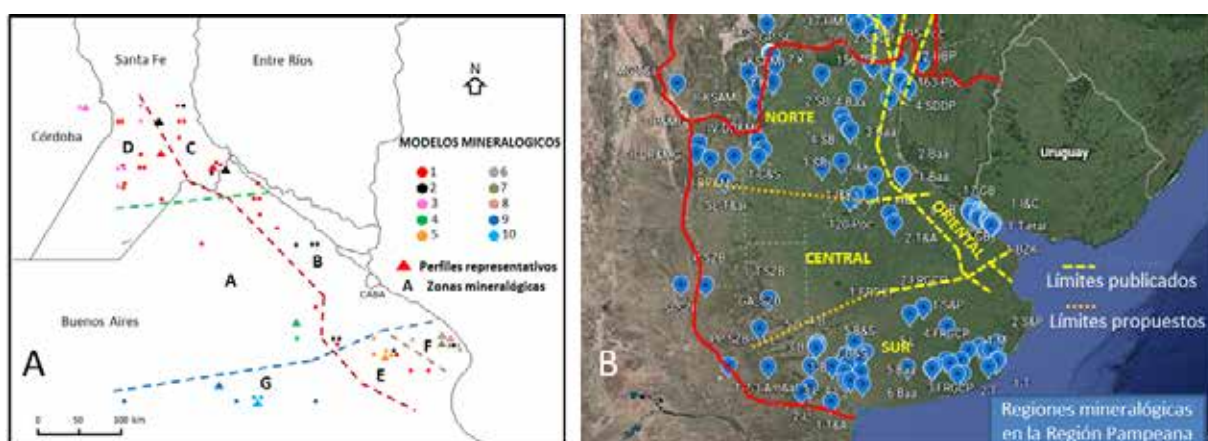


Figura 1. A: Zonas mineralógicas identificadas en la Pampa Ondulada y sectores proximales en función de la distribución y predominancia de los modelos mineralógicos de la fracción arena (Morrás, 2020-a). B: Límites y regiones mineralógicas diferenciadas en la Región Pampeana. También se muestran sectores diferenciados en el extremo sur de la Región Chaqueña de acuerdo a Morrás y Delaune (1985). Las marcas indican los sitios con datos mineralógicos de la fracción arena estudiados por diferentes autores y utilizados en la presente revisión.

En consecuencia, con el propósito de vincular los resultados obtenidos en el estudio de la mineralogía de la Pampa Ondulada con los de otros sectores de la región pampeana y obtener una visión actualizada e integrada respecto a la composición y posible procedencia de los sedimentos superficiales pampeanos, en el presente trabajo se efectuó un análisis de la mayor parte de la información mineralógica cuantitativa y cualitativa de la fracción arena de suelos y sedimentos disponible en la literatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la revisión efectuada se analizaron los datos mineralógicos de la fracción arena de suelos y sedimentos de unos 170 sitios reportados en unos 65 artículos publicados a lo largo de los últimos 70 años en muy diversas revistas periódicas y congresos. Si bien los datos considerados corresponden tanto al ámbito pampeano como al ámbito chaqueño, en este trabajo solo se presentan los resultados del análisis de materiales en sitios localizados en la región pampeana y en sitios externos pero próximos a lo que se considera el límite

geográfico de la región. La localización de los sitios reportados en la literatura y aquí considerados se presenta en la figura 1-B. La mayor parte de la información corresponde a estudios realizados en suelos actuales, y una pequeña proporción a paleosuelos y sedimentos superficiales. Como se aprecia en la figura, comparativamente existen pocos datos publicados del sector central de la región, correspondiente en particular a la Pampa Arenosa y la Pampa Deprimida. Debe notarse además que la información disponible es sumamente variada; si bien algunos trabajos ofrecen datos relativamente completos sobre el cortejo mineralógico de la fracción, la mayor parte de los estudios reportan información solo sobre componentes mayoritarios. Los procedimientos de análisis también son diversos; en algunos casos los análisis se efectúan sobre la fracción arena completa y en otros separando la arena en sus fracciones liviana y pesada. En su gran mayoría los análisis han sido efectuados mediante microscopía óptica, aunque en algunos trabajos los datos se complementan con análisis de DRX o microscopía electrónica. Los resultados obtenidos en gran parte son cuantitativos y en otros son estimaciones semicuantitativas. En consecuencia esta diversidad en la información hace imposible el análisis estadístico de los datos del conjunto considerado, por lo que en este trabajo se consideran los rangos y las tendencias resultantes tanto del análisis de la información objetiva provista en las publicaciones, como de las interpretaciones de los autores correspondientes. En esta revisión, y con el fin de efectuar un análisis comparativo entre materiales de suelo-sedimento de diversos sitios de la región pampeana con los de la Pampa Ondulada, sólo se han considerado aquellos minerales mayoritarios de las fracciones liviana y pesada de la arena evaluados previamente en Morrás (2020-a). Así, en este análisis se han considerado los datos de vidrio volcánico, plagioclasas, cuarzo, feldespatos y litoclastos de la fracción liviana, y piroxenos, anfíboles y micas de la fracción pesada.

RESULTADOS, DISCUSION Y CONCLUSIONES

En primer lugar, y más allá de las importantes diferencias mineralógicas que suelen existir entre distintos horizontes de un mismo suelo o niveles sedimentarios de un mismo perfil o entre perfiles próximos entre sí tal como se ha evidenciado para la Pampa Ondulada (Morrás, 2020-a;b) y en los datos aquí considerados de la literatura, es posible establecer una primera gran diferenciación a nivel regional entre los sedimentos superficiales de la Pampa Sur y los de la Pampa Norte. En la Figura 2 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos del análisis de datos para algunos de los minerales considerados. Los valores representados en esta figura por las barras constituyen los valores más frecuentes de minerales de la fracción arena reportados para sedimentos y suelos pampeanos. Sin embargo, para todas las zonas y para cada uno de los minerales mencionados, se han reportado valores mayores o menores a los valores frecuentes; ese rango se indica aquí para algunos de los minerales y las regiones diferenciadas con las flechas verticales.



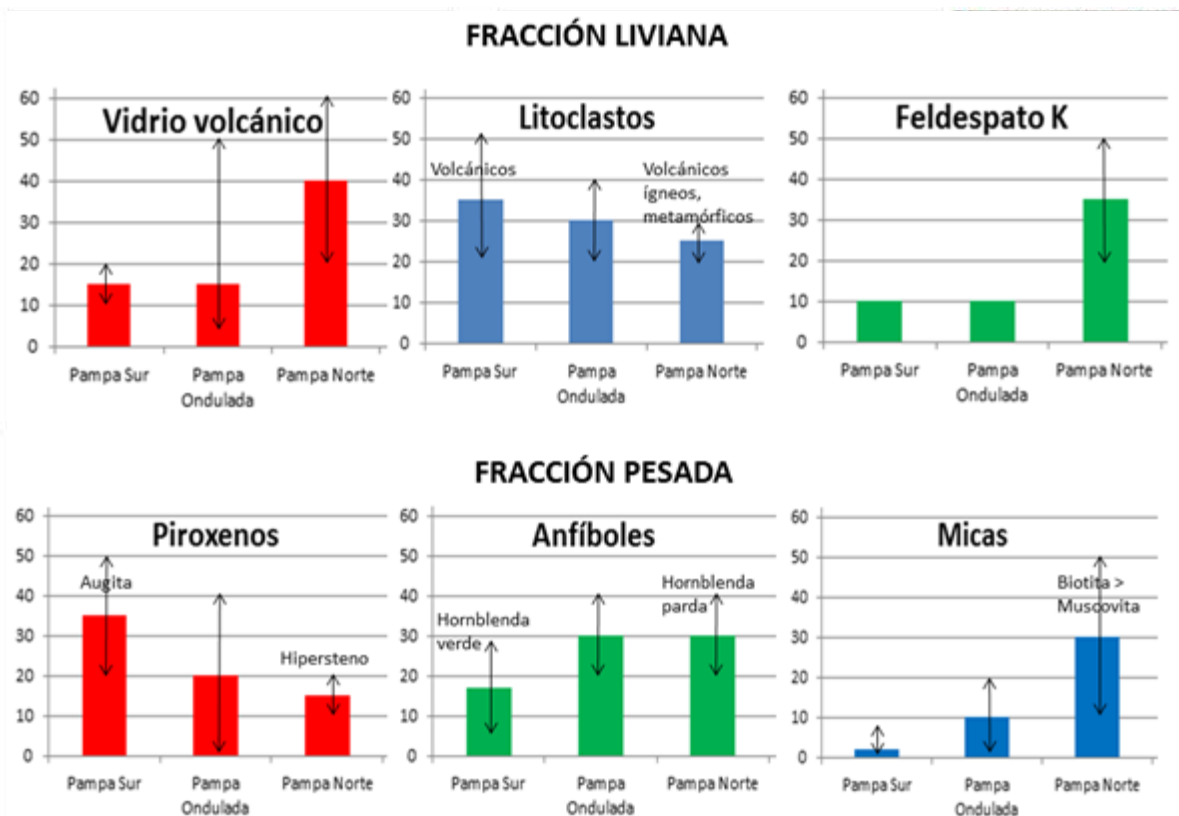


Figura 2. Valores frecuentes (barras) y rangos (flechas verticales) de algunos componentes mayoritarios de las fracciones liviana y pesada de la arena de suelos y sedimentos de la región pampeana de acuerdo a la literatura. Los datos correspondientes a la Pampa Ondulada están tomados de Morrás, 2020-a. Los datos correspondientes a los materiales de la Pampa Sur y de la Pampa Norte constituyen una síntesis de los datos existentes en la bibliografía y analizados en esta revisión.

Este análisis preliminar permite constatar que desde el punto de vista cuantitativo los sedimentos superficiales de la Pampa Sur suelen tener mayor proporción de piroxenos y de litoclastos que los de la Pampa Norte, y que estos en su mayoría serían de origen volcánico. Por el contrario, los sedimentos de la Pampa Norte presentan mayor proporción de trizas de vidrio pero también granos de cuarzo (no representado en la figura), de feldespatos potásicos y de micas que los de la Pampa Sur. Por otro lado, y desde el punto de vista cualitativo, en los sedimentos de la Pampa Sur las plagioclasas (no representado en la figura) serían de tipo intermedio (andesina-labradorita), en los piroxenos es predominante la augita, entre los anfíboles predomina las hornblenda verde, y entre las escasas micas la muscovita suele ser más frecuente. Por el contrario en la Pampa Norte las plagioclasas serían sobre todo sódicas (albita-oligoclasa); entre los piroxenos el hipersteno se encuentra en igual o mayor proporción que la augita; entre los anfíboles las hornblendas de las variedades castaña y verde azulada lo mismo que la lamprobolita se presentan en proporciones más significativas que en el sur, y entre las micas en el sector norte suelen predominar las biotitas. Por otro lado, y de acuerdo a los estudios precedentes sobre perfiles de suelo de la Pampa Ondulada (Morrás, 2003; 2020) resulta significativo que en esta sub-región muchos de los constituyentes de la fracción arena presentan variaciones cuantitativas de sur a norte, más sutiles para algunos minerales (feldespatos potásicos, litoclastos) pero muy marcadas para otros como es el caso de piroxenos, anfíboles y micas. En este sentido, y tal como se observa en la figura 2, la representación de los valores más frecuentes de estos minerales indica que esta región constituye en su conjunto un área de transición entre las Pampas Sur y Norte.

En consecuencia, y en función de los datos analizados, la mineralogía de las arenas en el sur de las provincias de Buenos Aires y la Pampa se diferencia claramente de aquella existente en el centro-norte de Córdoba y en el centro y parte del sur de Santa Fe. Si bien la información es muy limitada para el centro de la región pampeana, tanto por la mineralogía de los sitios aquí localizados, por la identificación ya realizada de un sector transicional dentro de la Pampa Ondulada (zona A en la figura 1-A), como por la simple consideración de los

procesos sedimentarios actuantes en la región, se estima que este sector central es un sector transicional de mezcla de los aportes predominantes en el sur y en el norte de la región pampeana. Por otro lado, tanto los trabajos preexistentes (Bertoldi de Pomar, 1969; Morrás y Delaune, 1985; Etchichury y Tófaló, 2004; Morrás, 2020-a) como algunos otros datos incluidos en esta revisión ponen en evidencia un sector mineralógicamente diferenciado a lo largo del margen derecho del río Paraná. En consecuencia, y en función de la información disponible, en la región pampeana sería posible distinguir una Región Mineralógica (R.M.) Sur, una R.M. Central, una R.M. Norte y una R.M. Oriental (figura1-B).

De acuerdo a los resultados obtenidos puede decirse que, si bien los sedimentos loésicos pampeanos se caracterizan por presentar una mineralogía de origen volcánico-piroclástico que los diferencia de los loess del hemisferio norte, por un lado estos componentes no siempre son mayoritarios, y por otro lado que existen claras diferencias composicionales entre los sedimentos de distintos ámbitos de la región. Esas diferencias mineralógicas estarían relacionadas en primer lugar con el hecho que los aportes volcánico-piroclásticos en distintos sectores de la amplia región Pampeana provendrían de distintas fuentes en la cordillera Andina, de depósitos de tobas del centro-oeste de la Argentina y del norte de Patagonia. En segundo lugar, a esto se le suman además los aportes provenientes de rocas muy diversas localizadas alrededor de la región, con diferente grado de contribución a los sedimentos pampeanos según las áreas. En este sentido, si bien en la Pampa Sur los aportes de los sistemas de Tandilia y Ventania son poco significativos y de extensión reducida, por el contrario en la Pampa Norte los aportes de las Sierras Pampeanas aparecen como muy importantes en la constitución del cortejo mineralógico de los sedimentos loésicos. Aquí también la contribución de cenizas y polvo desde el sector norte de la Zona Volcánica Central y desde la Puna parecería tener una importancia significativa que todavía debe mensurarse. Por su parte los sedimentos de la Pampa Ondulada se caracterizan y diferencian de otros sectores por contener proporciones variadas de minerales transportados por los sistemas fluviales de la región Mesopotámica, los que podrían haber sido deflacionados desde las llanuras aluviales durante períodos de estiaje y quizás particularmente desde las plataformas continentales en épocas de regresiones marinas.

En síntesis, los sedimentos loésicos pampeanos son claramente heterogéneos y sus diferencias composicionales estarían relacionadas con contribuciones variadas en tiempo y en espacio de muy diversas fuentes proximales y distales de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que rodean la llanura. En este sentido, además del transporte de partículas realizado por diversos sistemas de vientos en particular de aquellos procedentes del oeste y sur-oeste, aparece también relevante el acercamiento previo de clastos que han generado y generan diversos sistemas fluviales. El rol de estas contribuciones ha sido tomado en cuenta por algunos autores para el caso del transporte efectuado por el sistema del Desaguadero-Salado en el oeste del país y los ríos Negro y Colorado en Patagonia (e.g. Zárate y Blasi, 1993) así como el notorio transporte que efectúa el río Paraná y sus afluentes en las regiones chaqueña y mesopotámica (e.g. Bertoldi de Pomar, 1969; Morrás y Delaune, 1985). Sin embargo, la importancia de estos procesos fluviales en la constitución de los sedimentos loésicos superficiales no está todavía adecuadamente dimensionada. Así, y en función de la clara diferenciación composicional que presentan los sedimentos de la Pampa Norte, el rol de los ríos que drenan las Sierras Pampeanas aparece más importante que lo habitualmente considerado en la conformación de los sedimentos loésicos de la llanura en los tramos distales y en los sectores periféricos de esos cursos fluviales.

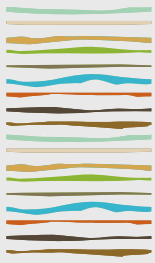
BIBLIOGRAFIA

- Bertoldi de Pomar, H. 1969. Notas preliminares sobre la distribución de minerales edafógenos en la Provincia de Santa Fe. Quinta Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Santa Fe, Actas: 716-726.
- Etchichury, M. & Tófaló, O. 2004. Mineralogía de arenas y limos de suelos, sedimentos fluviales y eólicos actuales del sector austral de la cuenca Chacoparanense. Regionalización y áreas de aporte. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (2):317-329.
- González Bonorino, F. 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, XX (1): 67-148.
- Morrás, H. 2003. Distribución y origen de los sedimentos superficiales de la Pampa Norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología, 10 (1):53-64.



- Morrás, H. 2020a. Modelos composicionales y áreas de distribución de los aportes volcánicos en los suelos de la Pampa Norte (Argentina) en base a la mineralogía de arenas. En: Imbellone, P. y Barbosa, O. (eds.). Suelos y Vulcanismo. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Buenos Aires, Capítulo 5, pp. 127-167 (edición digital).
- Morrás, H. 2020b. El material parental de los suelos de la Región Pampeana en base a la mineralogía de arenas. Aplicaciones a la interpretación de procesos pedológicos. En: Imbellone, P. y Barbosa, O. (eds.). Suelos y Vulcanismo. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Buenos Aires, 2020. Capítulo 6, pp. 169-184 (edición digital).
- Morrás, H. & Delaune, M. 1985. Caracterización de áreas sedimentarias del norte de la Provincia de Santa Fe en base a la composición mineralógica de la fracción arena. *Ciencia del Suelo*, 3 (1-2): 140-151
- Morrás, H. & Bressan, E. 2020. Aplicación del análisis estadístico multivariado en el estudio de la mineralogía de la fracción arena de suelos de la Pampa Ondulada. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Corrientes, Actas (edición digital) pp. 1366-1371.
- Teruggi, M. 1957. The nature and origin of Argentine loess. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 322-332.
- Zárate, M. 2003. Loess of southern South America. *Quaternary Sci. Rev.* 22:1987-2006.
- Zárate, M. 2007. Loess records / South America. *Encyclopedia of Quaternary Science*, Elsevier, pp. 1466-1479.
- Zárate, M. & Blasi, A. 1993. Late Pleistocene-Holocene eolian deposits of the southern Buenos Aires Province, Argentina: a preliminary model. *Quaternary International*, 17: 15-20.





ROL DE BIOMINERALIZACIONES DE HIERRO, CALCIO Y SILICE AMORFA EN LA PEDOGÉNESIS Y DEGRADACIÓN DE SUELOS

M. Osterrieth,² Frayssinet, C.^{1,2,*}, Frayssinet, L.³ M.F Alvarez ^{1,2}

¹ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), FCEyN, UNMdP-CONICET, Mar del Plata, Argentina

² Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCyC), FCEyN. UNMdP-CIC.

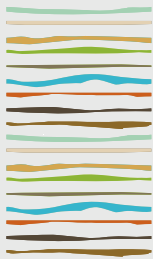
³ Y-TEC (YPF Tecnología S.A.) Berisso, Provincia de Buenos Aires.

RESUMEN

Las biomineralizaciones se generan por acción de los organismos, como resultado de su funcionamiento metabólico, y están presentes en todos los niveles de la biosfera, en los cinco Reinos. Organismos unicelulares y multicelulares biomineralizan variadas estructuras, con diferentes composiciones, siendo las más comunes los carbonatos y oxalatos de calcio, sílice opalina o amorfa, sulfuros y óxi-hidróxidos de hierro. Es muy amplia la variedad de organismos del suelo que biomineralizan; el conocimiento de estos procesos que forman, reforman y transforman las biomineralizaciones a nivel esquelético y de las matrices de los agregados del suelos, contribuyen a una mejor comprensión de la pedogénesis y de la degradación de suelos. El objetivo del trabajo es completar los estudios mineraloquímicos de las biomineralizaciones de hierro, calcio y sílice amorfa, en secuencias pedosedimentarias de distintos ambientes en el sector costero del SE bonaerense. El área de trabajo se ubica en la zona litoral desde Mar Chiquita a Miramar y en agroecosistemas de la zona de Sierra de los padres. Se analizaron muestras disturbadas y no disturbadas a diferentes escalas de resolución (mesoscópica, microscópica y submicroscópica), utilizando lupa, microscopio de polarización, microscopio electrónico de barrido. Los estudios mineraloquímicos se realizaron utilizando un espectrómetro de rayos X de energía dispersiva - EDXS, entre 15 y 25 kV. Los resultados obtenidos evidencian la complejidad estructural y biogeoquímica de las biomineralizaciones, en íntima asociación con componentes orgánicos, que va desde de cristales individuales a agregados compuestos, estructuras amorfas, paracristalinas o cristalinas complejas. Las biomineralizaciones de hierro presentes en los suelos y sedimentos de las unidades geopedológicas litorales muestran abundancia de piritas framboidales y poliframboidales, asociadas a yeso, baritina, calcita, halita, baritina, oxihidróxidos de hierro, permitiendo definir condiciones y caracteres redoximórficos. Además la distribución de hierro es regular en los perfiles actuales y exhumados, el grado de piritización es bajo en suelo actuales y mayor en paleosuelos costeros dado que esta complejizado y protegido por el resultado de la degradación de biomineralizaciones de calcio y de sílice amorfa, interactuantes; lo cual condiciona el comportamiento de metales traza, resultando de importancia ambiental en estos ecosistemas de humedales costeros. Las biomineralizaciones de calcio, se presentaron asociadas a bioclastos, a una variada microfloras fúngicas, de actinomicetes y bacterias del suelo. Con diferentes morfologías amorfas y cristalinas, intervienen activamente en los procesos de bioerosión por distintos organismos en los suelos analizados. Las biomineralizaciones de sílice amorfa representadas por diatomeas, poríferos, crisofíceas y silicofitolitos, son muy abundantes en los distintos niveles pedológicos de las secuencias. Los silicofitolitos muy abundantes en suelos de la llanura pampeana modifican las características morfológicas y físicoquímicas de los suelos. Las biomineralizaciones de estos 3 elementos asociados a sus biofilms condicionan y modifican intensamente la biogeoquímica en la conformación de matrices y peds de suelos, paleosuelos, aumentando la resistencia a la erosión de los mismos y también en los suelos cultivados.

Palabras clave: mineraloquímica, agregados y estructura de suelos, sudeste bonaerense





LEVANTAMIENTO DE SUELOS EN EL PARTIDO DE ESCOBAR

Paladino, I.R.^{1*}, J. Irigoien², L. Tenti-Veugen², A. Ottaviano¹

¹ INTA-EEA AMBA; ² INTA Instituto de Suelos;

* Udaondo 1695, Ituzaingó, (1714), Prov. de Buenos Aires, paladino.ileana@inta.gob.ar

RESUMEN

Una de las problemáticas más importantes del AMBA es el avance urbano y la falta de planificación territorial. En este sentido, el municipio de Escobar está trabajando en el diseño de un plan estratégico territorial para ordenar el crecimiento del distrito. La planificación territorial entre muchos otros factores (sociales, económicos, culturales y ambientales), requiere de información edáfica para la toma de decisiones. Para contribuir con estos objetivos se comenzó a realizar el levantamiento de suelos en áreas no relevadas del partido de Escobar. Esta información se utilizará para la elaboración de la cartografía de suelos a escala 1:50.000. La superficie a relevar se encuentra en zonas de uso actual agrícola-ganadero, específicamente zonas de producción hortícola y florícola de tipo intensivo y ganadería extensiva (pastoreo), que se encuentran en el área periurbana de la ciudad de Escobar. Se trabajó siguiendo la metodología de levantamiento de suelo con enfoque geopedológico. Los suelos encontrados en los sectores de loma, se clasificaron como Arigudoles vérticos. En las pendientes suaves del NE los horizontes de acumulación se encuentran a mayor profundidad. En las pendientes suaves hacia el NO, cercanas los márgenes del río Luján, se clasificó el suelo descrito como Argiudol típico. En este caso, si bien se presentan horizontes con abundante contenido de arcillas, no se observan rasgos vérticos. Podría inferirse que existen, en principio dos tipos de materiales originarios, de diferente color, tipo y contenido de arcilla que otorgan características distintas a los suelos. En todos los suelos se encontraron horizontes superficiales muy disturbados, con presencia de artefactos. En algunos casos también se observaron compactaciones superficiales y horizontes superficiales masivos. Desde el punto de vista utilitario las limitaciones de estos suelos se relacionan con la permeabilidad. El alto contenido de arcilla dificulta la eliminación de los excesos hídricos.

Palabras clave: periurbano, cartografía de suelos, planificación territorial

INTRODUCCIÓN

El crecimiento desordenado de las ciudades en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), impulsado por el mercado inmobiliario privado y las transformaciones tecnológicas y de escala de la agricultura industrial, han generado la antropización de los territorios. Como consecuencia, se ha producido un retroceso de la pequeña agricultura familiar, con aumento de la contaminación ambiental y la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos esenciales, que conducen a la ineficiencia territorial. De esta coyuntura se desprende que, el ordenamiento y la planificación territorial son una necesidad urgente en el AMBA, al tiempo que se agudizan las dinámicas territoriales urbanas y productivas. Los productores agropecuarios situados en territorio urbano-rural, cumplen una función crítica en la producción de alimentos de proximidad y economía local, realizando una diversidad de actividades agropecuarias (Goites et al., 2020). Para valorizar y preservar la producción agrícola de los espacios periurbanos se requiere contemplar distintos aspectos. En cuanto a los aspectos ambientales, es fundamental contar con información edáfica para la toma de decisiones y para la generación de políticas respecto a los usos del territorio. En este contexto, detectar tierras aptas para la producción, dentro del espacio geográfico periurbano, es fundamental para la planificación territorial y para



ello, es necesario conocer los tipos de suelos presentes, su distribución y proporción en el paisaje. La provincia de Buenos Aires, cuenta con cartografía de suelos elaborada por el INTA (2022) a escala semi-detallada y digitalizada, cuya información es adecuada para la planificación local y a nivel de cuenca. Sin embargo, el territorio urbano-periurbano de la ciudad de Buenos Aires, no ha sido relevado y aparece en dicha cartografía como "áreas misceláneas", sin ningún tipo de información de suelos. El municipio de Escobar, haciendo eco de esta problemática, trabaja en un plan estratégico territorial para ordenar el crecimiento del distrito. En el marco de dicho plan y en articulación con el municipio, desde el INTA, nos propusimos elaborar la cartografía de suelos a escala 1:50000, en las zonas productivas del partido que no han sido relevadas a dicha escala.

El objetivo de este trabajo es presentar el avance en la información relevada hasta el presente respecto al levantamiento de suelos a escala 1:50.000 de zonas productivas del partido de Escobar.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de información cartográfica preexistente de la zonificación productiva del partido de Escobar se trazó la superficie a relevar. Esta área abarca zonas de uso actual agrícola-ganadero, específicamente zonas de producción hortícola y florícola de tipo intensivo y ganadería extensiva (pastoreo), que se encuentran en el área periurbana de la ciudad de Escobar.

Para obtener un mapa de suelos se requiere información de diversa índole. La distribución de los suelos en el paisaje es consecuencia del accionar de los 5 factores formadores (material originario, clima, relieve, organismos y tiempo) por tal motivo la elaboración de un mapa de suelos, debe apoyarse en el conocimiento de la interacción de dichos factores en un paisaje determinado. En este sentido, la cartografía de suelos con enfoque geopedológico se basa en la estrecha relación paisaje-suelo, donde la geomorfología interviene especialmente para entender la formación y distribución de los suelos.

A partir de dicho enfoque y con la utilización de diversas herramientas de estudio (digitales, de campo y de laboratorio) se puede lograr una representación gráfica (mapa) de la distribución de los suelos en el territorio. Se trabajó siguiendo la metodología de levantamiento de suelo que incluye las siguientes etapas: Recopilación y análisis de antecedentes, definición de escala de mapeo, confección del mapa fisiográfico, trabajo de campo: relevamiento de suelos a través calicatas y de pozos de observación, trabajo de laboratorio: tratamiento y análisis de muestras. Interpretación de resultados y confección del mapa de suelos. Si bien estos son los pasos metodológicos del levantamiento, es fundamental, realizar la articulación de la información recopilada en las distintas etapas de trabajo para desarrollar un modelo geopedológico que soporte el mapa generado.

A partir del análisis de la información del modelo digital de elevación de 5m del IGN se elaboró un mapa de unidades fisiográficas con herramientas informáticas (QGIS). Apoyado en este mapa, se elaboró el diseño de distribución de calicatas y pozos de observación dentro de cada unidad fisiográfica generada.

Las calicatas son excavaciones con dimensiones adecuadas para poder describir el perfil del suelo observando la continuidad horizontal de sus características. Los pozos de observación (de menor tamaño que las calicatas) son puntos de chequeo que nos permiten distinguir la continuidad y repetitividad de los perfiles descriptos en las calicatas en una posición topográfica determinada. Para la elaboración de las calicatas y los pozos de observación, nos contactamos con productores locales. Los sitios seleccionados se localizaron, en todos los casos, dentro de establecimientos hortícolas en espacios que actualmente no se encuentran bajo producción y fueron representativos de la unidad fisiográfica en la que se encontraban.

En el perfil del suelo se describen las características morfológicas observables y se realizan algunas pruebas sencillas, siguiendo las técnicas propuestas por el manual de reconocimiento de suelos (Etcheverehere et al., 1976). A partir de la observación de sus características diferenciales logramos identificar los horizontes del suelo. Además de las características que se describen del perfil, se toman muestras de cada uno de los horizontes identificados para su posterior análisis en laboratorio y a partir de toda esta información obtenida (en campo y en laboratorio) se clasifica definitivamente el perfil analizado mediante la Soil Taxonomy Classi-



fication (Soil Survey Staff, 2014).

Para la elaboración del mapa de suelos es necesario la realización de un número determinado de observaciones en función de la escala del mapa al que se pretende arribar. Para los levantamientos semi-detallados debe realizarse una observación cada 50 ha (Soil Survey Staff, 2004). En el este trabajo se presentan los avances respecto a la información recopilada en 5 calicatas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de la información del paisaje se elaboró un mapa de unidades fisiográficas, que corresponde a un paisaje con relieve ondulado donde se distinguen lomas, pendientes suaves y áreas más deprimidas (Figura 1).

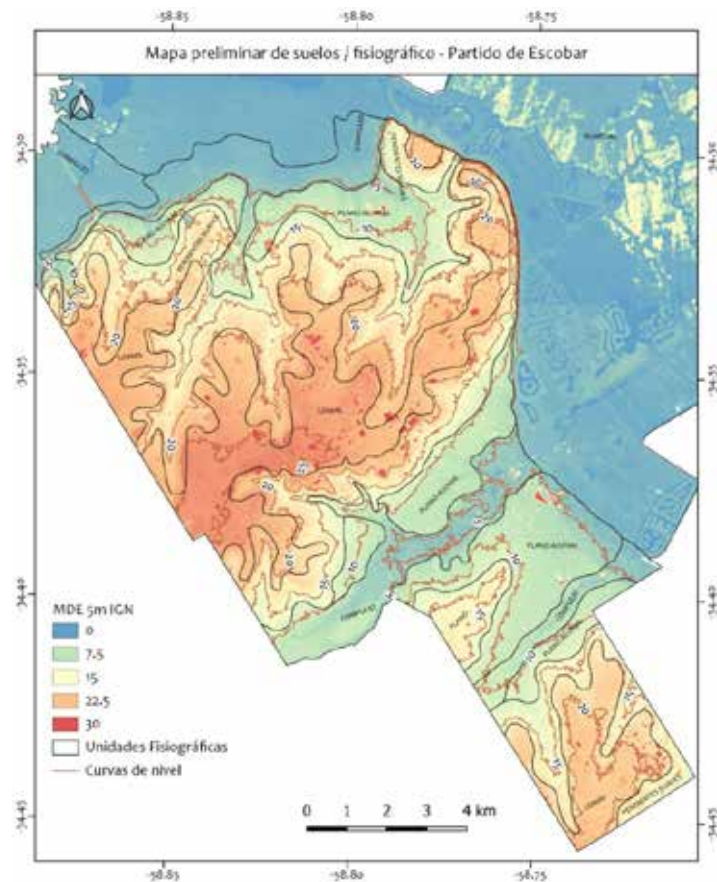


Figura 1. Mapa fisiográfico a partir del MDE 5m. Unidades fisiográficas: lomas, pendientes suaves, plano aluvial y complejo

Los suelos encontrados en los sectores de loma (MARECO y LISBOA), se clasificaron tentativamente como Arigudoles vérticos. Estos suelos poseen un horizonte superficial profundo que se encuentra sobre dos horizontes de gran potencia con abundante contenido de arcillas donde se distinguen abundantes rasgos que indican la presencia de arcillas de tipo esmectita (slikensides, agregados en cuña y grietas en superficie). En las pendientes suaves del NE del partido, los horizontes de acumulación con rasgos vérticos se encuentran a mayor profundidad (LAS GARZAS y LA CAÑADA). En las pendientes suaves hacia el NO, cercanas los márgenes del río Luján, se clasificó el suelo descrito como Argiudol típico (LA PALMIRA), Figura 2. En este caso, si bien se presentan horizontes de acumulación con abundante contenido de arcillas, no se observan rasgos vérticos y los materiales presentan un color más pardo que los Arigudoles vérticos que poseen colores más rojizos (Figura 3). Podría inferirse entonces, que existen, en principio, dos tipos de materiales originarios, de diferente color, tipo y contenido de arcilla que otorgan características distintas a los suelos.

En todos los suelos descriptos en el periurbano, se encontraron horizontes superficiales muy disturbados,



con presencia de artefactos como vidrios, ladrillos y bolsas plásticas los cuales se presentaban incorporados en el seno del horizonte diagnóstico superficial. En algunos casos también se observaron compactaciones superficiales y horizontes superficiales masivos.

Desde el punto de vista utilitario las limitaciones de estos suelos se relacionan con la permeabilidad. El alto contenido de arcilla dificulta la eliminación de los excesos hídricos lo cual se evidencia en el perfil por la presencia de moteados de hierro y manganeso a distintas profundidades.

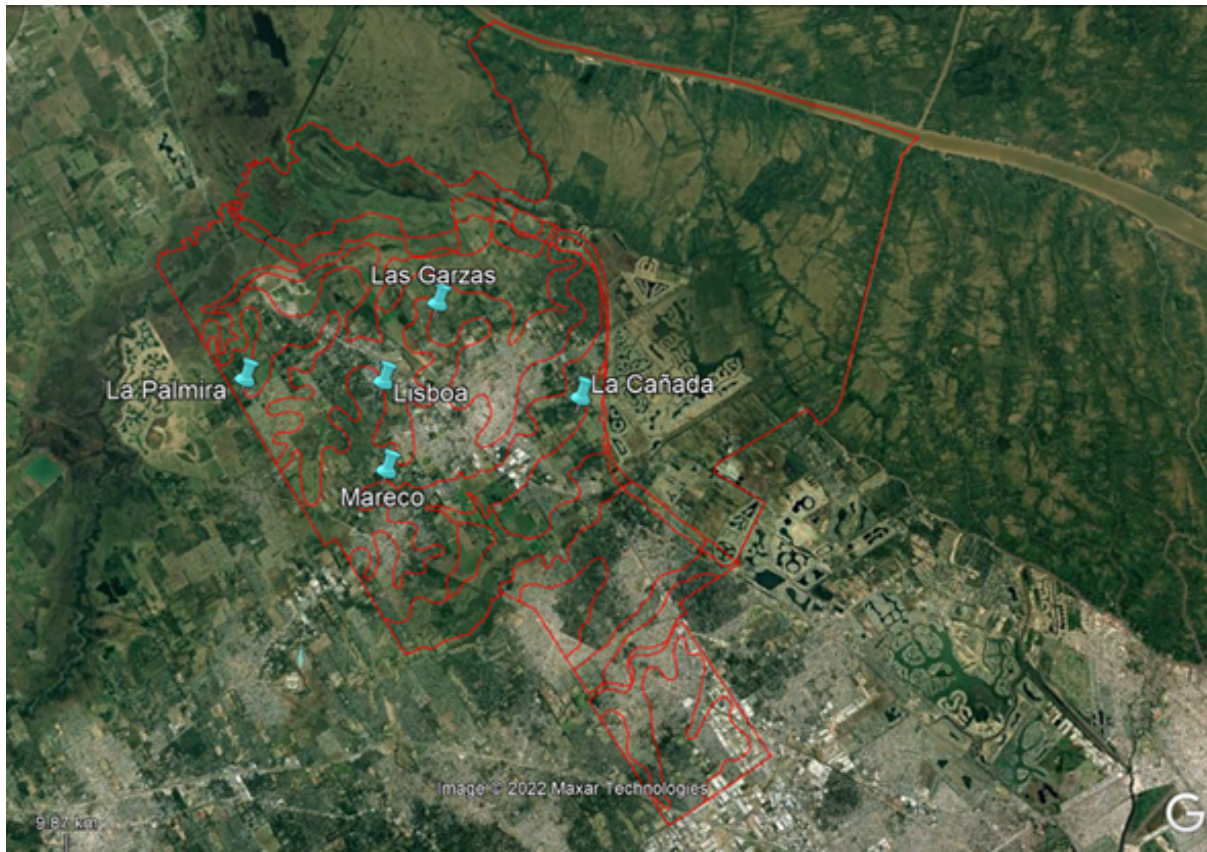


Figura 2: Ubicación de las calicatas en el partido de Escobar en distintas posiciones del paisaje. Fuente: Imagen Google Earth.

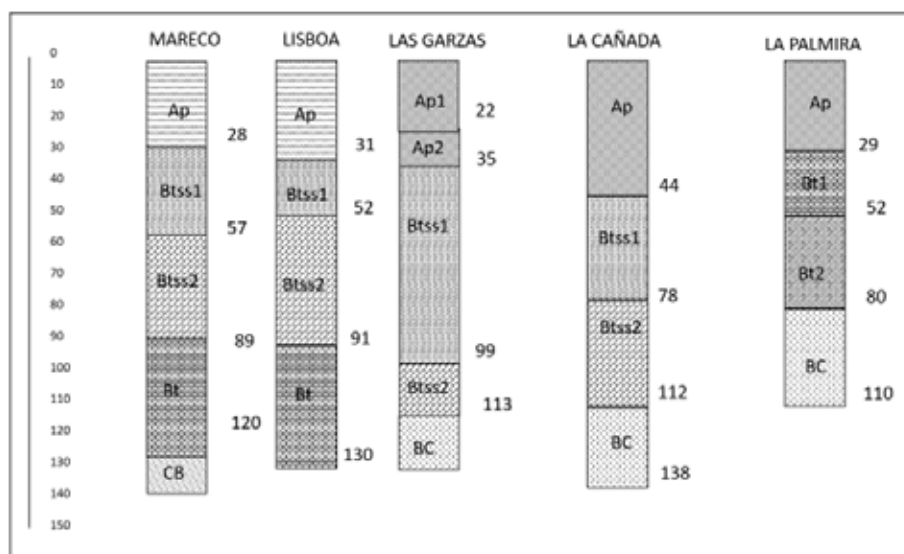


Figura 3: Perfiles de suelos relevados en el Partido de Escobar.



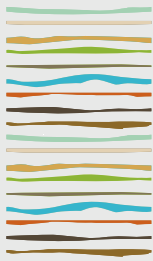
CONCLUSIONES

Existen escasos trabajos posteriores a la cartografía de suelos de INTA, a escala de detalle, en algunos sitios próximos a la Ciudad de Buenos Aires, como el de Hurtado et al. (2006) en el partido de La Plata y otros trabajos no publicados en pequeños sectores. Sin embargo, en la mayor parte del AMBA, donde actualmente se presentan tensiones por el uso residencial y productivo del suelo, la planificación territorial es fundamental para hacer un uso eficiente, equitativo y sostenible del territorio, carecen de la información de suelos necesaria para comenzar a trabajar en ese sentido. Por tal motivo, urge conocer la distribución de los suelos para ordenar el uso del territorio y de este modo, garantizar que las tierras de buena calidad sean preservadas para producir alimentos. La información presentada constituye un trabajo preliminar en el marco de la elaboración del mapa de suelos 1:50.000 de zonas productivas del partido de Escobar y pretende ser un puntapié para impulsar la generación de nuevos mapas en otros distritos del AMBA con similares problemáticas y demandas.

BIBLIOGRAFÍA

- Etchevehere, P. 1976. Normas de Reconocimiento de Suelos. Departamento de Suelos. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNI). Castelar, Buenos Aires, Argentina.
- Goites, E. [et al.]. 2020. Espacios agrícolas periurbanos: oportunidades y desafíos para la planificación y gestión territorial en Argentina /—Buenos Aires : Ediciones INTA, 2020. 40 p. (en PDF).
- Hurtado, M, J. Giménez, y M. Cabral. (2006). Análisis ambiental del partido de La Plata: Aportes al ordenamiento territorial. Consejo Federal de Inversiones, La Plata, Buenos Aires, Argentina. 134 pp.
- INTA. 2022. Cartas de suelos de la provincia de Buenos Aires, digitalizadas. <https://zenodo.org/record/6353509#.Yzbw0nbMLIU> . DOI: 10.5281/zenodo.6353509.
- Soil Survey Staff (2004) Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No.42, Version 4.0. National Soil Survey Center, NRCS, USDA, Lincoln.
- Soil Survey Staff. (2014). Illustrated guide to soil taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.





MAPPING SOIL DEPTH IN SOUTHERN PAMPAS ARGENTINA USING ANCILLARY DATA AND STATISTICAL LEARNING

Peralta N.R.¹, C.A Alesso², J.L Costa³, N.F Martin⁴

¹ Dep. of Corn Market Development, Bayer Crop Science, Ruta 8, km 214, Pergamino, Argentina.

² ICIAgro Litoral, UNL-CONICET, FCA, Kreder 2805, S3080HOF, Esperanza, Argentina.

³ Asesor privado.

⁴ Dep. of Crop Sciences, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, 1102 S Goodwin, Urbana, IL 61801, USA. nahuelraul.peralta@bayer.com

ABSTRACT

Hardpans limit the soil water and nutrients available for crops. In the southern Argentinean pampas, petrocalcic hardpans are found at variable depth within the field. Mapping the spatial distribution of soil depth is important for proper land evaluation, use, and management. This study's objective was to evaluate the potential of soil electrical conductivity (ECa) and terrain attributes to map within-field spatial variation of soil depth using statistical learning techniques. Soil depth measurements up to 1-m depth were taken in eight fields at spatial sampling density ranging from 2 to 12 points ha⁻¹. Spatially dense data of elevation, terrain attributes, and ECa were migrated to soil depth sampling points and also spatially aggregated to include spatial information into the featured space. Then, random forest regression models were used to predict soil depth from collocated ECa and terrain data. Models were cross-validated using a k-fold approach using entire fields as folds. The overall model (using all data) resulted in out-of-the bag R² and RMSE of .66 and 22.8 cm respectively. Shallow (0–30 cm) and deep (0–90 cm) ECa values were the most important variables, accounting for variability at different ranges, but the importance varied between the soil types. These results suggested that field-scale ECa data and terrain attributes have potential to predict soil depth to hardpan. Further research is needed to improve the generalization of these models and improve the representation of spatial effects in order to implement site-specific management based on soil depth maps.

Keywords: Tosca, random forest, spatial interpolation, prediction

INTRODUCTION

In central and southeastern Buenos Aires Province where about 4,2 Mha are covered by Udolls soils which are characterized by having an almost continuous petrocalcic horizon beneath the surface (Pazos and Mestelan, 2002). The presence of tosca at depths of 150 cm or less within soil profile influences crop yields as it restricts soil water holding capacity, availability of nutrients, in addition to the mechanical impedance limiting root elongation (Calviño and Sadras, 1999). Tosca layers cause a wide variability of the soil profile depth due to changes in thickness, density and depth that occur at short distances.

Intensive grid sampling for mapping this property at such fine resolution becomes impractical at the farm scale as it is time and labor consuming (King et al., 2005). Recent developments of non-invasive soil sensors allow data acquisition without soil disturbing and at higher spatial resolution than through manual or laboratory methods. For example, the apparent soil electrical conductivity (ECa) has been reported to be related directly and indirectly to several soil properties (Sudduth et al., 2003). However, the relationships between the soil properties and ECa are complex and can vary over short distances turning the interpretation of ECa into a challenge (Doolittle and Brevik, 2014). Some studies have shown weak or inconsistent linear association between ECa and soil depth as determined by several types of impedance (Doolittle et al., 2002, p.



202). Statistical learning techniques such as tree-based regression models offer an interesting alternative to explore non-linear relationships with fewer assumptions (Wadoux et al., 2020). However, studies attempting to incorporate non-linear patterns using this technique did not incorporate the spatial effects of covariates (Castro-Franco et al., 2017).

The objective of this study was to assess the use of ECa and terrain attributes as ancillary data for predicting model soil depth to the petrocalcic horizon, i.e. tosca, at field scale using a statistical learning algorithm incorporating spatial features derived from neighborhood summaries.

MATERIALS AND METHODS

The study was performed at eight commercial production fields, located in the southeastern Pampas, Buenos Aires province, Argentina. Soil ECa measurements were collected prior planting winter crops using the Veris 3100 (Veris 3100, Division of Geoprobe Systems) coupled to a submeter accuracy GPS (Trimble R3, Trimble Navigation). The sensor was set up to take ECa measurements at 0–30 (EC30) and 0–90 cm (EC90) every 1 s. Soil depth sampling was performed using a 1.6-m hydraulically driven soil probe (Giddings Machine Company) coupled to a GPS (Juno ST; Trimble Navigation). Sampling locations were spatially arranged in an irregular grid of varying resolutions, resulting in sampling densities between 2 and 12 samples ha⁻¹. At each sampling location, the probe was pushed down into the soil until it hit a substantial impedance, and the depth was recorded as soil depth; otherwise, it was assumed to be at least 1.6 m. The digital elevation model (DEM) for each field was obtained from the Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) using package *elevatr* (Hollister et al., 2020), and slope (Horn, 1981), topographic ruggedness (TRI) and position indexes (TPI) (Wilson et al., 2007) were derived. Elevation data were scaled by subtracting the lowest height of the field.

As the target variable and spatial covariates were not measured in the same spatial location, the covariates were migrated to soil depth sampling locations by extracting elevation, slope, TRI, and TPI values from raster using nearest neighbor procedure, and by interpolating ECa values to soil depth sampling points using random forest spatial interpolation (RFsi) described in Sékúlic et al. (2020).

The relationship between soil depth and ECa and topographic data was assessed using the tree-based model approach random forest (Breiman, 2001). A training dataset was created combining the actual values of soil depth and the ECa, elevation, slope, TRI, and TPI values migrated to soil depth point, as long as features created by aggregating using spatial buffers of 15, 30, 45, and 60 m in size and taking the average of the values within the buffers. Random forest models were trained using 500 trees, and the hyperparameters were tuned over a grid of different number of predictors (*mtry*), the split criterion (variances vs extra tree), and the final node size using package *ranger* (Wright and Ziegler, 2017) and *caret* (Kuhn, 2020). The best model was selected based on the out-of-bag (OOB) RMSE from five-fold cross-validation. In addition to the overall model combining all the fields, two alternative models were trained using data from fields with (a) Typic Argiudolls as major soil type (F05, F12, F13, F14, and F15), and (b) Petrocalcic Argiudolls as major soil type (F08, F09, and F10). The final model performance was assessed using the OOB R² and RMSE. Although the OOB error estimates resemble the k-fold test error (James et al., 2017), if the data are spatially autocorrelated, the training and test data are not independent (Roberts et al., 2017). To assess the prediction error in a separate dataset, a k-folds-like cross-validation approach was applied using the entire fields as folds. Finally, prediction maps, including a measure of error prediction, were obtained by applying quantile regression forests (Meinshausen, 2006). Vector and raster data manipulation and visualization was performed using the statistical language R (R Core Team, 2021) and functions from packages *dplyr* (Wickham et al., 2017), *sf* (Pebesma, 2018), *tmap* (Tennekes, 2018), and *raster* (Hijmans, 2020).

RESULTS AND DISCUSSION

The mean soil depth across all the fields in the study was about 114 cm (CV about 31%). In all cases, 50% of soil depth values were 50 cm or higher. Moderate negative correlations were observed for EC30 ($r = -.60$), EC90 ($r = -.45$), and elevation ($r = .39$). These correlations remained constant as the size of the buffer used for aggregation increased, which indicates that features created by spatial aggregation carried more or less the same information as the original measurements. The variability of soil depth accounted for by ECa and



terrain attributes and OOB accuracy achieved by the model trained with the full dataset was 66% and 21.8 cm, respectively (Table 1). These results agree with those reported in the literature. Compared with the overall mean of soil depth as a benchmark predictor, the model based on these features represents an accuracy gain of 14%. When models were trained on specific subsets for each soil type, OOB metrics showed marked differences with better results on Argiudolls. However, the results from k-fold cross-validation using fields as folds showed the limitations of this model for predictive purposes. The median R2 and RMSE values were significantly worse (i.e., lower R2 and higher RMSE) than their OOB counterparts.

Table 1. Summary of out-of-the bag (OOB) and k-fold cross-validation (CV_{k-fold}) goodness-of-fit metrics for random forest fitted using all the data combined with or without information about soil type and from subsets by soil type.

Model	n	R2		RMSE (cm)		RRMSE	
		OOB	CV _{k-fold}	OOB	CV _{k-fold}	OOB	CV _{k-fold}
All fields	3989	0.66	0.18	21.8	29	0.86	1.81
Typic Argiudolls	1457	0.33	0.09	26.3	30	0.86	1.96
Petrocalcic Argiudolls	2532	0.49	0.17	18.0	30	0.77	2.16

The distribution of shallower predictions is concentrated in small patches, reflecting the high spatial variability of this soil property. In some fields (e.g., F08, F09, F10, and F14), these patches are scattered within the field, whereas in others (e.g., F05 or F13), there seems to be a spatial pattern. Except for field F14, the spatial distribution of the prediction error tended to be inversely correlated with the predicted soil depth. Thus, the prediction errors found at locations with shallower soils were larger than those observed in deeper soils (Fig. 1).

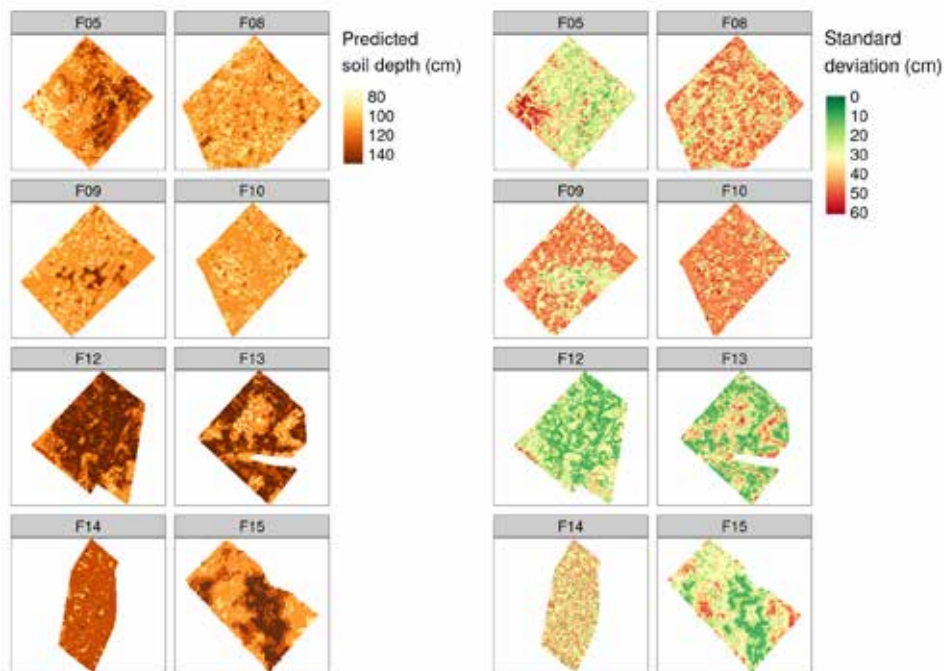


Figure 1. Prediction and standard deviations of predictions obtained from the overall model.

CONCLUSIONS

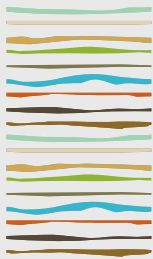
In this study we assessed the potential of ECa and terrain attributes in combination with nonlinear statistical learning algorithms for predicting spatial distribution of soil depth in soils associations formed by Typic Argiudolls and Petrocalcic Argiudolls. The prediction accuracy achieved by the models combining ancillary data was promising (RMSE = 21.8 cm, R2 = .66). Considering the intrinsic high spatial variability of soil depth and the sampling efforts required using conventional grid sampling approach, these results show the potential of using this ancillary data combined with machine learning techniques. The reproducibility of the spatial pattern-

ns of soil depth and the lack of generalization still limit the application of these models to predict soil depth in new fields. The autocorrelation observed on the residuals may indicate that further research is needed to explore alternative ways to improve these models adding spatial effects through additional features or covariates. Therefore, future research to improve the proposed methodology will seek to generalize these models and to improve the representation of spatial effects.

REFERENCE

- Breiman, L. 2001. Random Forests. *Mach. Learn.* 45(1): 5–32. doi: 10.1023/A:1010933404324.
- Calviño, P.A., and V.O. Sadras. 1999. Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. *Field Crops Res.* 63(3): 237–246. doi: 10.1016/S0378-4290(99)00040-4.
- Castro-Franco, M., M. Domenech, J.L. Costa, and V.C. Aparicio. 2017. Modelling effective soil depth at field scale from soil sensors and geomorphometric indices. *Acta Agronómica* 66(2). doi: 10.15446/acag.v66n2.53282.
- Doolittle, J.A., and E.C. Brevik. 2014. The use of electromagnetic induction techniques in soils studies. *Geoderma* 223–225: 33–45. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.01.027.
- Doolittle, J., A. Stuebe, A. Price, and E. Kelly. 2002. Mapping Bedrock Depths with Electromagnetic Induction in Costilla County, Colorado. *Soil Surv. Horiz.* 43(1): 14–21. doi: <https://doi.org/10.2136/sh2002.1.0014>.
- Hollister, J., T. Shah, A.L. Robitaille, M.W. Beck, and M. Johnson. 2020. elevatr: Access elevation data from various APIs.
- Horn, B.K.P. 1981. Hill shading and the reflectance map. *Proc. IEEE* 69(1): 14–47. doi: 10.1109/PROC.1981.11918.
- King, J.A., P.M.R. Dampney, R.M. Lark, H.C. Wheeler, R.I. Bradley, et al. 2005. Mapping potential crop management zones within fields: Use of yield-map series and patterns of soil physical properties identified by electromagnetic induction sensing. *Precis. Agric.* 6(2): 167–181.
- Meinshausen, N. 2006. Quantile Regression Forests. *Journal of Machine Learning Research* 7: 983–999.
- Pazos, M.S., and S.A. Mestelan. 2002. Variability of Depth to Tosca in Udolls and Soil Classification, Buenos Aires Province, Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66(4): 1256–1264. doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1256>.
- Pebesma, E. 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *R J.* 10(1): 439. doi: 10.32614/RJ-2018-009.
- R Core Team. 2021. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Roberts, D.R., V. Bahn, S. Ciuti, M.S. Boyce, J. Elith, et al. 2017. Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography* 40(8): 913–929. doi: 10.1111/ecog.02881.
- Sekulić, A., M. Kilibarda, G.B.M. Heuvelink, M. Nikolić, and B. Bajat. 2020. Random forest spatial interpolation. *Remote Sens.* 12(10). doi: 10.3390/rs12101687.
- Sudduth, K.A., N.R. Kitchen, G.A. Bollero, D.G. Bullock, and D.J. Wiebold. 2003. Comparison of electromagnetic induction and direct sensing of soil electrical conductivity. *Agron. J.* 95(3): 472.
- Tennekes M (2018). "tmap: Thematic Maps in R." *Journal of Statistical Software*, *84*(6), 1-39. doi:10.18637/jss.v084.i06 <<https://doi.org/10.18637/jss.v084.i06>>.
- Wadoux, A.M.J.-C., B. Minasny, and A.B. McBratney. 2020. Machine learning for digital soil mapping: Applications, challenges and suggested solutions. *Earth-Sci. Rev.* 210: 103359. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103359.
- Wickham, H., R. Francois, L. Henry, and K. Müller. 2017. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*.
- Wilson, M.F.J., B. O'Connell, C. Brown, J.C. Guinan, and A.J. Grehan. 2007. Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. *Mar. Geod.* 30(1–2): 3–35. doi: 10.1080/01490410701295962.
- Wright, M.N., and A. Ziegler. 2017. ranger : A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R. *J. Stat. Softw.* 77(1). doi: 10.18637/jss.v077.i01.





EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE LAS TIERRAS PARA EL CULTIVO DE MANDIOCA EN EL NORESTE DE CORRIENTES

Perucca, S.C.^{1*}, A.M. Burgos², R.D. Medina², D.B. Kurtz¹⁻², R.A. Barrios¹, J.J. Bertollo¹, C.L.J. Flores¹

¹ INTA EEA Corrientes, Grupo Recursos Naturales;

² Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste;

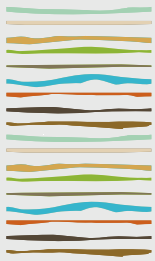
*Ruta Nacional 12, km 1008, (3400), Prov. de Corrientes; perucca.sandra@inta.gob.ar

RESUMEN

A medida que se cuenta con más y mejor información cartográfica de los suelos de la provincia, es posible avanzar con evaluaciones de aptitud específica para diferentes usos de las tierras. Actualmente se cuenta con cartografía a escala 1:50.000 del NE de la provincia, abarcando los departamentos Santo Tomé, General Alvear y parte de Ituzaingó. Corrientes es una de las cuatro provincias del noreste de Argentina (NEA) donde se realiza el cultivo de mandioca, principalmente por productores familiares con manejo tradicional. Evaluar la aptitud del cultivo teniendo en cuenta diferentes niveles de manejo, puede contribuir a la toma de decisiones tanto de los productores como de políticas públicas. Esta evaluación se realizó empleando el marco conceptual de FAO para cultivos específicos, utilizando como auxiliar al software ALES. Para definir los Tipos de Utilización de la Tierra (TUT) se consideraron tres niveles tecnológicos: TUT1: cultivo con manejo tradicional (labranza convencional, plantación manual y horizontal, sin selección ni tratamiento químico sanitario de estacas, sin fertilización y control manual de malezas). TUT2: cultivo con nivel de manejo tradicional (labranza convencional) con confección de camellones. TUT3: cultivo con manejo tecnificado (labranza reducida, plantación manual o mecanizada vertical de estacas seleccionadas y tratadas químicamente para el manejo sanitario y marcos de plantación adaptados al material genético, plan de fertilización ajustada al requerimiento ponderado del cultivo y plan de control integrado de malezas. Los Requisitos de Utilización de la Tierra (RUT) seleccionados incluyeron: textura del horizonte superficial, riesgo de excesos hídricos, riesgo de erosión, profundidad efectiva, drenaje, índice de encostramiento, contenido de materia orgánica, fósforo, valores de pH, conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable. Los datos de la oferta se obtuvieron a partir del trabajo realizado en el área, incluyendo cartografía de suelos a escala 1:50.000 contando 132 unidades cartográficas con 54 series de suelos en una superficie de 909.402 ha. En base a los RUT se conceptualizaron y desarrollaron los árboles de decisión, confrontándose la oferta de las tierras con las exigencias del cultivo, generándose los resultados para cada TUT que se volcaron en un SIG, mediante el software libre QGIS 3.26, definiéndose superficies de tierras muy aptas (MA), moderadamente aptas (MOD), marginales (MARG) y no aptas (NA) para el cultivo de mandioca. Resultaron 233.746 ha entre MA y MOD constituyendo un 25,7% del área total analizada, de las cuales fueron 16.523 ha MA para el TUT1 y TUT2, pasando ser 99.954 ha MA para el TUT más tecnificado; siendo la superficie restante MARG o NA. En las áreas que resultaron más aptas para mandioca se relevó una ocupación actual del 30% bajo uso agrícola o forestal, indicando que es factible la expansión de este cultivo.

Palabras clave: mandioca-aptitud-suelos.





MAPEAMENTO DA DINÂMICA DA MUDANÇA DO USO DO SOLO NO BIOMA CERRADO MATO GROSSO BRASIL

Pineda, H.V.^{1,*}, A.L.A. Ribeiro²

¹Universidade Federal de Mato Grosso. LabSensor - Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geotecnologias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais;

²Programa de Graduação em Agronomia;

*Campus Cuiabá. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367. Boa Esperança. Cuiabá-MT, Brasil (CEP 78060-900). E-mail:

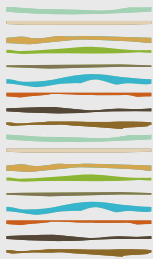
hepv_123@hotmail.com.

RESUMO

As dinâmicas de mudança do uso do solo podem gerar incremento e decréscimo ambiental de amplas zonas da paisagem, atualmente o bioma Cerrado apresenta de forma acentuada um crescimento considerável da área ocupada pela agricultura em comparação com os outros biomas do Brasil. Este, por sua vez, tem uma importância estratégica no equilíbrio hidrológico do país, sendo observado que as coberturas naturais são as que têm maior pressão por ações antrópicas. O estado de Mato Grosso tem uma área de 903.114 Km² onde o Cerrado ocupa 37,39% (337.735 Km²). Este estudo fornece um mapeamento de análises da dinâmica da mudança do uso e ocupação do solo no bioma Cerrado no estado de Mato Grosso, Brasil, em um período temporal de dados entre os anos de 1985 a 2021. Os dados foram obtidos do projeto MapBiomias (<http://mapbiomas.org>) da coleção 7, a qual é uma rede de instituições colaboradoras para o mapeamento anual do uso do solo e projetos similares, mapeando anualmente as transições dos principais usos da terra entre 1985 até o ano presente para os principais biomas brasileiros, a fim de contribuir para a compreensão da dinâmica do uso do solo no Brasil. A fonte das séries temporais faz parte de dados gerados pelos satélites orbitais Landsat 5, 7 e 8, o qual apresentam uma resolução espacial de 30 m, a partir desta informação foi gerada a respectiva classificação supervisionada das imagens dos satélites, separando as diferentes classes de usos do solo mediante o algoritmo de Machine Learning Random Forest usando a nuvem digital do software Google Earth Engine. A classificação contém cinco níveis principais e seus respectivos subníveis: Floresta (1), com formação florestal e formação savânica; Agropecuária (2), com agricultura, pastagem, plantação florestal e mosaico de outros usos; Formação natural não florestal (3), com formação campestre, afloramento rochoso, campo alagado e área pantanosa; Área não vegetada (4), com área urbanizada, mineração e outras áreas não vegetadas; Corpos de água (5), com rios e lagos. Os resultados obtidos indicaram que a área natural passou de 264.853 Km² a 141.348 Km² indicando um decréscimo, pelo contrário a área antrópica revela um incremento do quase o dobro da área de 71.142 Km² a 141.348 Km². A área de agropecuária expõe o maior incremento percentual no análises temporal (98%), sendo a agricultura com lavouras temporárias, principalmente, para cultura da soja, a que exhibe um padrão de crescimento constante através do tempo, passando de 4.172 Km² no ano de 1985 a 55.563 Km² em 2021, equivalente a um incremento de 1.232%; em contrapartida a área de pastagem teve um incremento constante também até o ano 2009 (relação 20.936 Km² – 66.562 Km²) apresentando um decréscimo a partir desta data, chegando ao ano 2021 a ter 63.508 Km². Apesar do Cerrado apresentar solos com produtividade e fertilidade baixa, o estado de Mato Grosso se destaca economicamente através do agronegócio no país, apresentando uma correlação direta com sua ocupação e uso do solo na série histórica de 36 anos.

Palavras chave: análise espacial, análise temporal, sensoriamento remoto.





ESTIMACIÓN DE LA RESERVA DE CARBONO EDÁFICA HISTÓRICA DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

Polentarrutti, P.^{1,2}, R.A. Barrios¹, C. Fernández López¹ y T.S Rey Montoya^{1,2*}

¹EEA INTA Corrientes - Estación Experimental Agropecuaria Corrientes. Ruta 12 Km 1008. El Sombrero - Corrientes;

² Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131. Corrientes

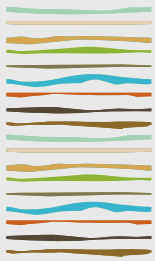
*Autor de contacto: montoya.tania@inta.gob.ar

RESUMEN

En los últimos años se viene considerando que una tasa de incremento aproximadamente del 0,4% del carbono edáfico en los primeros 30-40 centímetros de profundidad cada año, podría reducir en grandes proporciones las concentraciones de CO₂ en la atmósfera producida por las actividades humanas, es decir que aumentando la reserva de carbono nuestros suelos, podríamos reducir las emisiones producidas por las actividades agropecuarias, en este sentido la provincia de Corrientes posee un gran potencial para contribuir a la mitigación del cambio climático, teniendo en cuenta sus principales actividades productivas y la variabilidad de suelos. El objetivo del trabajo fue calcular desde la base de datos histórica la reserva provincial de carbono del suelo. Se trabajó sobre la base cartográfica publicada por el grupo de Recursos Naturales del INTA Corrientes en el año 1996. De allí se recopilaron datos de carbono orgánico de las series de suelos pertenecientes al mapa de la provincia en escala 1:500000. Se estimó la variable densidad aparente de suelos mediante la utilización del programa Soil Water Characteristics®, y se calculó la reserva de carbono orgánico edáfico hasta los 30 cm de profundidad para cada unidad cartográfica establecida en el mapa histórico. Los datos se analizaron estadísticamente mediante tablas de frecuencias, se establecieron cinco clases o intervalos donde 29 series se agruparon en la primer clase presentando valores de entre 6,25 - 40,47 Mg C.ha⁻¹ el segundo intervalo entre 40,47 - 74,69 Mg C.ha⁻¹ representando a 34 series, el tercero entre 74,69 - 108,92 Mg C.ha⁻¹, el cuarto intervalo entre 108,92 - 143,14 Mg C.ha⁻¹ representando a dos series y el último intervalo entre 143,14 - 177,36 Mg C.ha⁻¹ representado por tres series de suelo. Una vez hallado los valores de cada intervalo se confeccionó un mapa cartográfico de la reserva de carbono orgánico edáfico histórico para los primeros 30 cm de suelo utilizando cobertura de suelos en escala 1:500000 con software QGIS 3.22.4. Se concluye que, de las series de suelo mapeadas en el 1996 en la Provincia de Corrientes, la mayoría contienen valores de medios a bajo de carbono (40,47-108,92Mg C.ha⁻¹) en los primeros 30 cm de profundidad, sin embargo en algunos casos los contenidos son altos, siendo estos los más importantes para reconocerlos y mantenerlos ante las acciones de mitigación de Cambio Climático, por lo que las bases de datos existentes, en este caso los mapas de suelos proporcionan información que, deberían ser tenidas en cuenta como línea de base o referencia tanto como para establecer los contenidos actuales como para inferir escenarios futuros proponiendo manejos de suelos tendientes a conservar el mismo.

Palabras clave: series de suelo, Cartografía de Carbono, Mitigación del Cambio Climático





DETERMINACIÓN DEL COLOR DEL SUELO POR COLORIMETRÍA CON EL NIX MINI 1

Sena, A.F.S.^{1*}, Giasson E.², Valle, T.R.S.¹, Costa, J.J.F.¹, Silva, R.G.P.O.¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Solo da Faculdade de Agronomia,
Av. Bento Gonçalves 7712 – Porto Alegre, RS – Brasil

²Professor Titular do Departamento de Solos e orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRGS (PP-GCS-UFRGS).

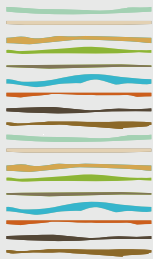
*Doutorando no PPGCS-UFRGS – agro.antonysampaio@gmail.com

RESUMEN

El color es una característica importante utilizada en la clasificación taxonómica de los suelos, como en el caso del Sistema Brasileño de Clasificación de Suelos, pero también puede utilizarse para estimar otras propiedades del suelo, como el drenaje y el contenido de materia orgánica. Sin embargo, la determinación del color del suelo en los estudios pedológicos suele obtenerse mediante un análisis visual con la ayuda de la tabla de colores de suelo Munsell, un método considerado subjetivo y que exige experiencia del evaluador. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso del colorímetro digital portátil (Nix Mini) como alternativa para la determinación de color del suelo. Veinticinco muestras de suelo provenientes de la colección de muestras de suelo del Departamento de Suelos de la UFRGS fueron secadas al aire y pasadas por un tamiz de malla de 2,00 milímetros, obteniendo suelo fino seco al aire (TFSA). Se invitó a seis pedólogos para evaluar visualmente las muestras secas utilizando la Carta Munsell en un entorno con iluminación controlada. Las mismas muestras también se sometieron a un análisis colorimétrico utilizando un sensor de color digital del tipo Nix Mini 1 y la aplicación para smartphones Nix Toolkit, realizando tres lecturas de color para cada muestra y obteniendo resultados expresados en RGB (rojo, verde y azul) y en el estándar CIELab. Como medida de referencia, las muestras se analizaron en un espectrofotómetro Varian modelo CARY 5000 con esfera integradora y software de análisis colorimétrico, que proporcionó las curvas espectrales en el rango visible (400 a 700 nm), así como las coordenadas de color en los espacios triestímulos (X, Y, Z), Cromaticidad (x, y, z), CIELab (L, a, b) y CIELuv (L, u, v) para cada muestra. Los resultados obtenidos por el análisis visual de los pedólogos (Matiz, Valor y Cromo), por el colorímetro digital NIX Mini 1 y por el espectrofotómetro fueron procesados en el software R utilizando el paquete Munsellinterpol para la estandarización de los datos al sistema numérico Munsell (HVC). Los datos se sometieron a una estadística descriptiva, seguida de la evaluación de los supuestos del ANOVA. Cuando no se cumplieron, se realizaron pruebas no paramétricas. En la comparación entre los métodos de determinación del color del suelo probados en este estudio, el NIX Mini 1 no difirió estadísticamente de las determinaciones realizadas por el espectrofotómetro en cuanto a los valores de Matiz y Cromo, además de no diferir de las mediciones realizadas por los edafólogos en cuanto al Valor. Los resultados de las mediciones del Nix Mini 1 tampoco difirieron estadísticamente de los resultados del espectrofotómetro en los parámetros Tono, Valor y Cromo cuando se compararon individualmente con cada repetición, demostrando así un buen potencial para su uso en la determinación del color del suelo en menor medida. Sin embargo, la recomendación de su adopción para el trabajo de campo sigue dependiendo de nuevos estudios.

Palabras clave: Munsell, colorímetro digital, clasificación.





SUELOS EN LA ZONA LITORAL MEDITERRÁNEA VALENCIANA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (VALENCIA, ESPAÑA)

Soriano, M.D.^{1*}, L. Garcia-España², E. Garcia-España², V. Pons²

¹ Departamento de Producción Vegetal, Universitat Politècnica de València, Cami de Vera s/n 46022 Valencia (España);

² Departamento de Biología Vegetal, Universitat de València, Calle Andrés Estellés s/n, Burjasot, Valencia (España),

² Departamento de Química, Universitat de València, Calle Doctor Moliner s/n, Burjasot, Valencia (España), asoriano@prv.upv.es

RESUMEN

Se estudia los suelos desarrollados sobre diferentes materiales en el levante español en la comarca de la Ribera Alta situada en la zona este de la península ibérica. Los suelos se desarrollan tanto en zonas de marjal que incluyen antiguos campos de arroz con suelos arcillosos donde se localizan Gleysols, así como en zonas transformadas por la presión demográfica turística del litoral, con suelos de tipo Antrosol altamente modificados por el hombre. Llegando a la línea de costa litoral sobre arenas calcáreas se desarrollan Arenosols. Los materiales incluyen limos y arcillas de albufera, zona de transición y zona montañosa interior con elevaciones de hasta 700 m, hasta llegar a la línea de costa. El clima es mediterráneo seco subhúmedo con déficit de agua en verano y temperaturas medias alrededor de 15°C. Las áreas de marjal antiguas turberas, se utilizan para antiguos cultivos de arroz aunque actualmente muchas de ellas están transformadas con cultivos de cítricos. La zona intermedia se encuentra actualmente modificada por el urbanismo y su vegetación modificada por parques y jardines, mientras que la zona costera presenta todavía su vegetación potencial asentada sobre substratos arenosos (psamófila). La mineralogía de la fracción arcilla se relaciona con los materiales subyacentes, con dominancia de minerales de arcilla tipo illita y caolinita, con minerales secundarios donde predominan calcita con cuarzo y feldespatos, así como interestratificados 10i-14m y 10i-14c.

Palabras clave: suelos, litología, vegetación.

INTRODUCCIÓN

La litología, pendiente, vegetación y clima origina la evolución de suelos diferentes, influenciado por el periodo de tiempo que modifica el desarrollo de dichos suelos. Los suelos de las zonas costeras del litoral valenciano son suelos profundos que se desarrollan sobre un clima común, pero bajo una gran variedad de materiales litológicos que incluyen desde arcillas y limos de albufera a arenas calcificadas de la línea costera (García-España et al., 2019). La plana del litoral valenciano se caracteriza por presentar una serie de formaciones como dunas, albuferas, marismas, marjales, etc., típicas de lugares costeros próximos a la madurez. Son amplias zonas reducidas de forma importante en la actualidad por la presión demográfica y el cambio de uso del territorio.

El objetivo de nuestro trabajo es el estudio de la formación de suelos de esta zona del levante desde la zona costera al interior, y su relación con los procesos de formación que han originado una diferente evolución de estos suelos.

Area de estudio. La zona de estudio se sitúa en el área anterior a las primeras cadenas montañosas próximas a la costa en la provincia de Valencia, incluye municipios como Gandía, Alcira y Llauri, etc., donde se originan elevaciones de 500 m de altitud como la Sierra de la Murta y el Cavall de Bernat, Monduver. Los materiales



(IGME, 1982) mesozoicos originan abanicos aluviales de materiales Cuaternarios que se extienden hasta la línea de costa. El tipo climático de la zona es Seco-subhúmedo con un índice de humedad de 0 a 20. Corológicamente la zona pertenece a la región mediterránea. Según Rivas Martínez (1987) corresponde al piso Termomediterráneo con ombroclima seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudian perfiles de suelos sobre los materiales mencionados en los diferentes sistemas de paisaje descritos (Porta et al., 2008). Se tomaron muestras superficiales y subsuperficiales realizando la descripción morfológica de los perfiles según FAO, (1988). Se determina la clase textural de los horizontes de los suelos (método de la pipeta de Robinson), materia orgánica (Walkley y Black, 1954), y sus fracciones, pH (extracto 1:2,5) y CE (extracto 1:5), FAO, (1990), carbonatos (Calcímetro de Bernard), CIC (método de Peech) (MAPA, 1988). La mineralogía de arcillas se estudia por difracción de rayos-X. La estimación semicuantitativa relativa se realiza teniendo en cuenta los poderes reflectantes indicados por Martín-Pozas et al., (1969), utilizando un difractómetro, Diano, XRD 8000. Para microscopia electrónica se utilizó un microscopio de barrido HITACHI mod. S-4100 con cañón de emisión de campo, detector BSE AUTRATA, sistema de captación de imágenes EMIP3.0, y sistema de microanálisis RONTEC. Se prepararon las muestras, siguiendo el método reseñado por Beutekspacher y Van Der Marel, (1968).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestran las fotografías de los perfiles estudiados. Las tablas 1, 2 y 3 muestran las características de los perfiles representativos de la zona.

En las zonas próximas al río Xuquer y barrancos adyacentes se localizan suelos tipo Fluvisol, originados por sucesivos aportes de los cauces. Son suelos con escasa evolución que presentan diferentes sequms, de textura arenosa o arenosa franca y que en ocasiones presentan valores elevados de salinidad, bajo valor de CIC y alto contenido en carbonatos.

El perfil desarrollado sobre limos de albufera en la zona de marjal, se clasifica como Gleysol calcáreo (Fig. 1), se desarrollan en una zona deprimida donde se localizan suelos de elevados espesores, con estructuras favorables y complejo de cambio saturados en bases, con dominancia del calcio en el complejo de cambio. Un factor ambiental de gran importancia lo constituye la salinidad (Chinchilla et al., 2011; Sanjaume, 1980). El exceso de sales en el suelo, sobre todo en las zonas deprimidas, influye decisivamente en la dinámica de los suelos, originándose condiciones en las que sólo puede desarrollarse una vegetación muy adaptada (Pedraza, 1996).

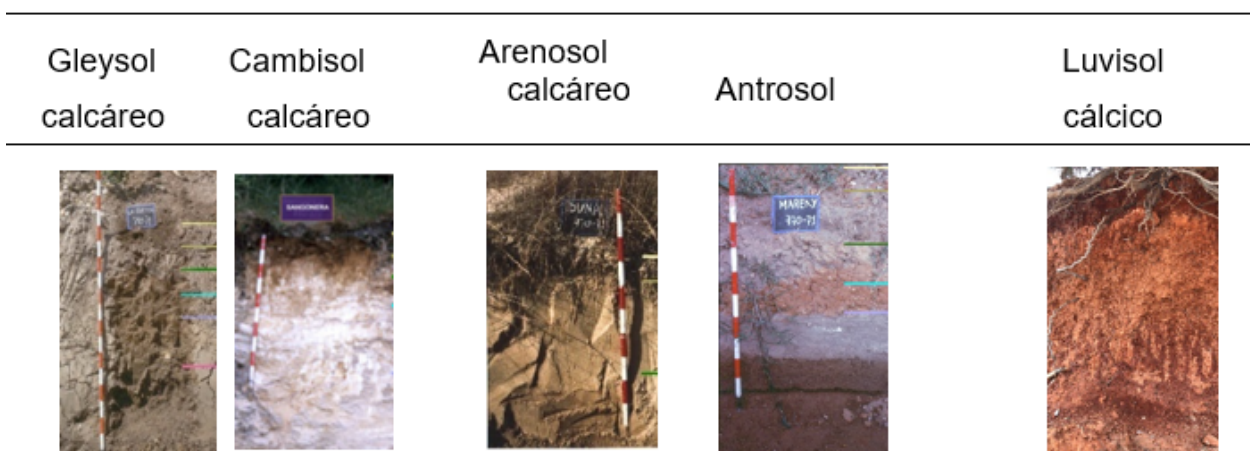


Figura 1: Perfiles representativos de las unidades de paisaje

Las áreas de las zonas deprimidas son áreas hidromórficas que presentan una capa freática muy superficial debido a las condiciones topográficas y a la presencia de limos y arenas compactadas de permeabilidad variables que dan lugar a Gleysoles calcáreos que se caracterizan por una textura fina y estructura fuerte en bloques angulares o subangulares, contenido moderado de materia orgánica y pH ligeramente alcalinos, con valores elevados de la CIC.

Tabla 1: Propiedades del perfil Gleysol

Prop.	Gleysol		
	Ap	Bw	By
Textura	Franco arcillosa	Franco arcillosa	Arcillosa
Estructura	Granular	Bloques subangulares	Bloques angulares
% CRA	30	56	65
pH	7,0	7,5	8
CE dS/m	0,102	0,356	0,300
CIC cmol _c /kg	27	23	32

Esta zona ocupa gran parte del territorio y actualmente se dedica a cultivos de regadío aunque todavía existe una amplia zona con cultivos de arroz típicos del litoral valenciano. La vegetación natural en estas zonas ha sido modificada por los cultivos con representación de cañares (*Arundo donax*). Por otra parte, el complejo de vegetación de marjales se localiza en áreas en las que hay un anegamiento por aguas salobres, mezcla en mayor o menor proporción de aguas continentales y marinas. Las comunidades que aquí se integran se asientan sobre suelos de tipología muy diversa y con características higrófilas y halófilas variables.

La mineralogía de la fracción arcilla de este perfil presenta una dominancia de caolinita e illita en esta fracción con abundante presencia de calcita y feldspatos (Soriano, 1988; Salvador, 1989, Peinemann, 2000).

En la zona costera y sobre arenas calcáreas encontramos suelos clasificados como Arenosoles, de amplio espesor medio con escasa evolución de horizontes siendo los horizontes BC los más altos exponentes de su evolución, son suelos carbonatados y con la presencia de horizontes C arenosos. Son suelos con escasa capacidad de retención de agua y bajos contenidos de materia orgánica, presentando elevada aireación por su escasa consolidación y alta porosidad, presentando una estructura particular escasamente desarrollada. Poseen escasos problemas de salinidad dada su elevada lixiviación a lo largo del perfil. Los materiales que la constituyen son fundamentalmente arenas cuarzosas que topográficamente se disponen en formaciones de antiguo origen dunar. Presentan una fracción arcilla en la que predominan las arcillas 1.1 tipo caolinita, y con abundancia de minerales primarios como calcita y cuarzo predominantemente (Tabla 5). Las dunas litorales están integradas por taxones muy adaptados al déficit de agua entre las que se encuentran *Agtopyretum mediterraneum* y *Medicago-Ammophiletum*)



Tabla 2: Propiedades del perfil Arenosol

Prop.	Arenosol		
	Ah	BC	C
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa
Estructura	granular	particular	particular
% CRA	18	12	8
pH	7,0	7,5	7,5
CE dS/m	0,205	0,205	0,326
CIC cmol./kg	18	15	12

Los suelos de las zonas intermedias se pueden clasificar como Antrosoles donde destaca la elevada transformación realizada por el hombre utilizando cubiertas de asfalto. El desarrollo del perfil está fuertemente influido por la acción humana que se manifiesta en los horizontes superficiales, aunque el suelo enterrado puede mostrar la presencia de horizontes diferenciados. Posee una textura arenosa-franca más fina en los horizontes superficiales. Y valores bajos de capacidad de intercambio catiónico, con valores de pH próximos a la neutralidad. La microscopía electrónica muestra la presencia de calcita y feldespatos como minerales primarios en todos los suelos, con acumulación de materia orgánica poco transformada en los horizontes superficiales.

En las zonas montañosas se desarrollan dos tipos de suelos Luvisoles cálcicos o luvicos suelos que presentan acumulación de arcilla con la presencia de horizontes Bt descarbonados o con recarbonatación secundaria son las típicas terras rosas mediterráneas.

Tabla 3: Propiedades del perfil Luvisol

Prop.	Luvisol		
	Ah	Bt1	Bt2
Textura	Franco-Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa
Estructura	granular	bloques	bloques
% CRA	21	37	42
pH	7,0	7,2	7,5
CE dS/m	0,102	0,125	0,122
CIC cmol./kg	28	35	38

Por otra parte, los suelos calcáreos presentan horizontes Bk con acumulación de carbonato cálcico, poseen elevado espesor, son Calcisoles y Cambisoles y se muestran con horizontes cálcicos o caliza dispersa en los horizontes. Ambos soportan una vegetación forestal compuesta por matorrales y pinares. También en esta zona, y debido a la elevada transformación realizada por el hombre se desarrollan Antrosoles utilizando cubiertas de asfalto. El desarrollo del perfil está fuertemente influido por la acción humana que se manifiesta en los horizontes superficiales, aunque el suelo enterrado puede mostrar la presencia de horizontes diferenciados. Posee una textura arenosa-franca más fina en los horizontes superficiales. Y valores bajos de capacidad de intercambio catiónico, con valores de pH próximos a la neutralidad. La microscopía electrónica muestra la presencia de calcita y feldespatos como minerales primarios en todos los suelos, y con acumulación de materia orgánica poco transformada en los horizontes superficiales como minerales de arcilla se encuentran ilita y caolinita, y en ocasiones trazas de montmorillonita, encontrándose interestratificados de ilita y montmorillonita (Tabla 4).



Tabla 4: Mineralogía de la fracción arcilla de los suelos de estudio

Tipo de suelo	Ilita	Caolinita	Montmorillonita	Clorita	10i-14m
Arenosol	++	+	-	+	-
Luvisol	+++	++	++	++	++
Calcisol	+++	++	+	++	++
Fluvisol	++	+++	-	-	-

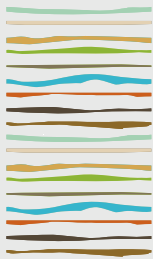
CONCLUSIONES

El material geológico, geomorfología y uso de suelo influyen decisivamente en el desarrollo de los suelos estudiados. El estudio de las propiedades y de la mineralogía de la fracción arcilla de los suelos en las unidades de paisaje estudiadas, aporta información sobre los efectos de las interacciones clima-geomorfología y tiempo. Las zonas inundadas gran parte del año por los cultivos del arroz determinan suelos tipo Gleysol, y en las zonas costeras la litología marca la formación de Arenosoles, mientras que en la zona intermedia el efecto antrópico es el decisivo en la presencia y formación de suelos tipo Antrosols. Los minerales de la arcilla mayoritarios en los suelos estudiados son illita y caolinita, con abundancia de interestratificados formados por la combinación de estos minerales con clorita y montmorillonita.

BIBLIOGRAFÍA

- Beutekspacher, H. & Van Der Marel, H. W. (1968): Atlas of electron microscopy and their ad mixtures. Elsevier Publ. Co. Amsterdam. 333p.
- Chinchilla, M., Alvarado, A., & Mata, R. (2011). Factores formadores y distribución de suelos de la subcuenca del río Pirrís, Talamanca, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 33-57.
- FAO. (1990). Management of gypsiferous soils, in *Soils Bulletin*, vol. 62. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO. (1988). World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resource Report 64. ISSS-AISS-IBG ISRIC. 88 p.
- García-España, L., Soriano Soto, M. D., Boluda Hernández, R., Salvador Sanchís, P., & Pons Martí, V. (2019). Propiedades y características mineralógicas de los suelos tipo en zonas vitícolas valencianas. *Macla*, 2019, vol. 24.
- IGME (1982). Mapa Geológico de España. Escala 1.50.000. Hoja de Alcira. Instituto Geológico y Minero de España.
- MAPA (1988). Métodos Oficiales de Análisis de Suelos. . Ministerio de Agricultura , Pesca y Alimentación. Madrid.
- Martin-Pozas, J.M., Martin Vivaldi, J.L., Rodríguez-Gallego, M. (1969). Análisis cuantitativo de los filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. *Real Sociedad Española Serie B.L.V.*: 109-112.
- Pedraza, J. D. (1996). *Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones* (No. 551.4 PED).
- Peinemann, N., Amiotti, N. M., Zalba, P., Villamil, M. B. (2000). Minerales de arcilla en fracciones limo de horizontes superficiales de suelos de diferente mineralogía. *Ciencia Suelo*, 18, 69-72.
- Phillips, J.D. (2007). Development of Texture Contrast Soils by a Combination of Bioturbation
- Porta, J., López-Acevedo, M., Poch, R.M. (2008). Introducción a la Edafología, uso y protección del suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, Spain.
- Rivas Martínez, Salvador (1987). Memoria del mapa de series de vegetación de España 1: 400.000. 268 pp. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. ISBN 84-85496-25-6.
- Salvador, P. (1989). Los suelos de la Comarca de los Serranos (Valencia). Tesis Doctoral. Universidad de Valencia 345 p.
- Sanjaume, E. (1980). El cordón litoral de la Albufera de Valencia. Estudio sedimentológico. *Cuadernos de Geografía*, 14:61-96.
- Soriano, MD. (1988). Estudio de los Luvisoles desarrollados sobre materiales calizos en la provincia de Valencia. Universitat de València. Tesis Doctoral 325 p.





CARTOGRAFÍA DIGITAL DE SUELOS A ESCALA DE PREDIO

Tenti Vuegen, L.M.^{1,2,*}, J. Irigoien^{1,2}, E. Montes Galbán^{1,3}, F. Trabichet^{1,3}, L.M. Bulos¹, V. Wagner¹, M. Petrask^{1,3}, J. de los Angeles Ramirez¹, V.E. Bonvecchi¹

¹ Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján, Argentina;

² Instituto de Suelos (CIRN). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina;

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. leonardotenti@gmail.com

RESUMEN

La Cartografía Digital de Suelos (CDS) usando el entorno y lenguaje de programación R constituye una metodología de trabajo impulsada desde la FAO para realizar predicciones de propiedades del suelo a escala nacional. Esta realiza predicciones a partir de la interrelación entre las propiedades del suelo y datos ambientales mediante el uso de diferentes modelos geoestadísticos. En este trabajo empleamos el algoritmo de aprendizaje automático Quantile Regression Forests. El objetivo de esta contribución es probar esta metodología a escala de predio en el Campo Experimental de la UNLu. Las propiedades mapeadas fueron pH y carbono orgánico total (COT). Para ello se muestrearon 150 sitios a dos profundidades, de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm y se emplearon como predictores covariables ambientales derivados del Modelo Digital del Terreno externo del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de 5 metros de resolución espacial. Las predicciones de pH mostraron un R^2 ajustado de 43% de 0 a 10 cm y de 54% de 0 a 20 cm, a diferencia de las de COT que estuvieron por debajo del 10%. Los resultados muestran que la CDS resultó una metodología válida que puede aplicarse a escala de predio con una densidad de observaciones de 2 por ha. y predictores de 5 metros de resolución espacial.

Palabras clave: cartografía digital de suelos, predicciones, campo experimental de la Universidad Nacional de Luján.

INTRODUCCIÓN

En el marco del Proyecto "Infraestructura de Datos Espaciales del campo de la Universidad Nacional de Luján como herramienta de apoyo para la toma de decisiones" (RESREC-LUJ 213/19) nos propusimos la elaboración de mapas de propiedades del suelo del Campo Experimental empleando técnicas de Cartografía Digital de Suelos (CDS). Generar una infraestructura de datos espaciales (IDE) para consulta pública y sistematizar en un SIG la información geoambiental del campo experimental de la UNLu son los principales objetivos del proyecto.

La CDS se ha convertido en una subdisciplina de la Ciencia del Suelo a partir de su desarrollo desde la década de 1990 (Minasny y McBratney, 2015), que realiza predicciones de clases o propiedades del suelo basadas en mediciones de laboratorio de datos de campo y datos ambientales a través de modelos empíricos (Figura 1).



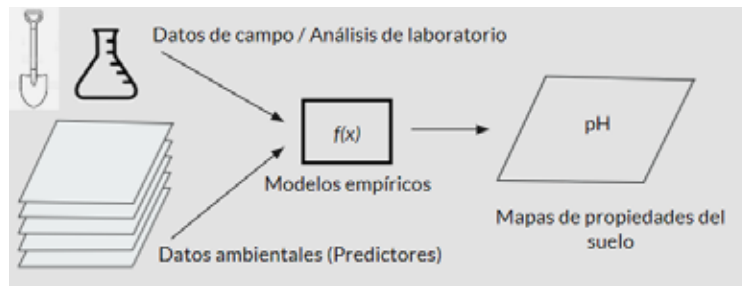


Figura 1: Cartografía Digital de Suelos.

En los últimos años se viene empleando CDS para la elaboración de mapas nacionales, como el de suelos afectados por sales (Rodríguez *et al.*, 2020), secuestro de carbono (Frolla *et al.*, 2021), predicción de stock de carbono orgánico del suelo (Olmedo *et al.*, 2021), suelos negros (Tenti Vuegen *et al.*, 2022) y los mapas digitales de textura de suelos (Schulz *et al.*, 2022).

El objetivo del trabajo que se presenta fue generar predicciones de propiedades del suelo empleando la metodología de la CDS pero en este caso a una escala de predio. Por lo tanto el desafío y principal aporte de esta contribución fue probar esta metodología para la generación de mapas de propiedades de suelos a una escala grande o de detalle. Para realizar predicciones a esta escala, fue necesario aumentar el detalle de los dos conjuntos de datos con los que se trabaja en CDS a escala nacional: la densidad de datos de campo y los predictores (datos ambientales).

MATERIALES Y MÉTODOS

El Campo Experimental de la Universidad Nacional de Luján se localiza al sur-este de la ciudad homónima (-34° 35' 24", -59° 4' 48"), en la Provincia de Buenos Aires, y presenta una superficie de 242 ha. (Figura 2). Se encuentra en la subregión geomorfológica de la Pampa Ondulada en la cuenca media del río Luján. El campo experimental de la UNLu es gestionado a través del Centro de Investigación, Docencia y Extensión en Producción Agropecuaria (CIDEPA). En el mismo se desarrollan actividades de producción, investigación, docencia y extensión. Cada una de estas actividades demanda información geolocalizada del predio que en la actualidad no está sistematizada, actualizada ni es de libre acceso a los diferentes usuarios.



Figura 2: Ubicación área de estudio

El diseño de muestreo de los sitios se realizó a partir de los centroides de una grilla regular de 140m x 140m. Se tomaron 150 muestras, lo que representa una muestra cada 1,6 ha. (Figura 3). Sin embargo la cantidad de datos de esas muestras utilizadas en el modelado de las predicciones variaron según la propiedad debido a que en la actualidad continúa el trabajo de análisis de laboratorio, por lo que se realizaron las predicciones con una muestra cada 2 ha. aproximadamente. Estas se tomaron a dos profundidades, de 0-10 cm y de 10-20 cm. Se determinó para ambas profundidades: pH actual (relación suelo:agua 1:2,5), por el método potenciométrico y carbono orgánico (COT) por el método de Walkley y Black (Jackson, 1976).



Figura 3: Sitios muestreados y potreros del campo experimental de la UNLu

Se utilizaron como covariables ambientales (predictores) parámetros del terreno obtenidos a partir del procesamiento del Modelo Digital del Terreno (MDT) del IGN, determinado por la empresa CONSULAR S.A. a partir de un relevamiento aéreo requerido por la Dirección Nacional de Preinversión Municipal (DINAPREM). Presenta una resolución espacial de 5 metros y se encuentra disponible para la cuenca del río Luján. Al MDT se le aplicó primero un filtro de pendiente y luego uno de paso bajo de 4x4m (Figura 4). Estos parámetros se generaron con el módulo Análisis Básico del Terreno de SAGA-GIS. En total se utilizaron 8 predictores: el MDT, seis parámetros del terreno derivados del mismo (Figura 5) y la digitalización de los potreros del Campo Experimental que se puede observar en las Figura 3.

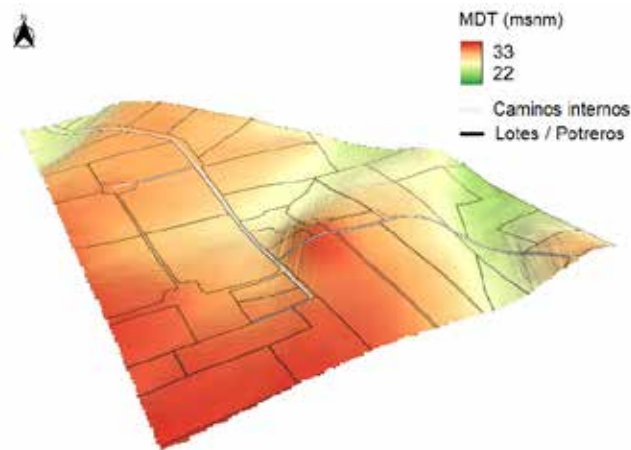


Figura 4. Vista 3D con escala (exageración) vertical 30 del MDT filtrado

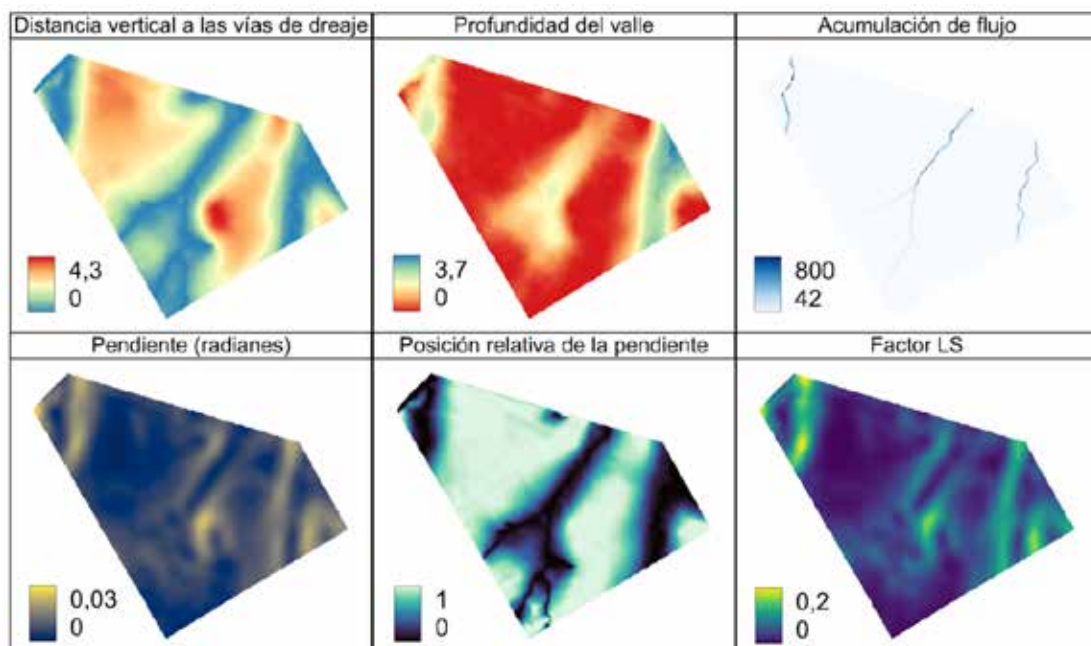


Figura 5. Parámetros del terreno derivados del MDT

Las predicciones fueron realizadas con el algoritmo de aprendizaje automático Quantile Regression Forest, una variante de Random Forest que ha demostrado ser consistente para realizar predicciones (Meinshausen, 2006). La evaluación del modelo se realizó a partir de una validación cruzada de 10 grupos (9 grupos se emplean para entrenar el modelo y 1 grupo se emplea para su validación) con 10 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La modelización de las propiedades a predecir evidenció los mejores ajustes con el pH (R^2 ajustado = 0.43 entre 0-10 cm y R^2 ajustado = 0.54 entre 10-20 cm). Los errores en los modelos de pH de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm fueron: RMSE = 0.16 y 0.31 y el MAE de 0.12 y 0.15 respectivamente. Los predictores que tuvieron mayor peso en las predicciones de pH fueron el Modelo Digital del Terreno, el apotreramiento y la profundidad del valle.

La predicción de pH muestra los valores más altos asociados a la vaguada (mayores a 7 de 0 a 10 cm y a 8 de 10 a 20 cm). Entre 0 y 10 cm se observan valores relativamente más altos en la loma plana, donde se encuentran los potreros 13, 14 y 15, así como en la loma del tambo, correspondiente al potrero 1. De 10 a

20 cm, además de valores relativamente más altos en todo el campo experimental el pH aumenta a valores cercanos a 7 en la loma donde se encuentra ubicado el tambo (Figura 6).

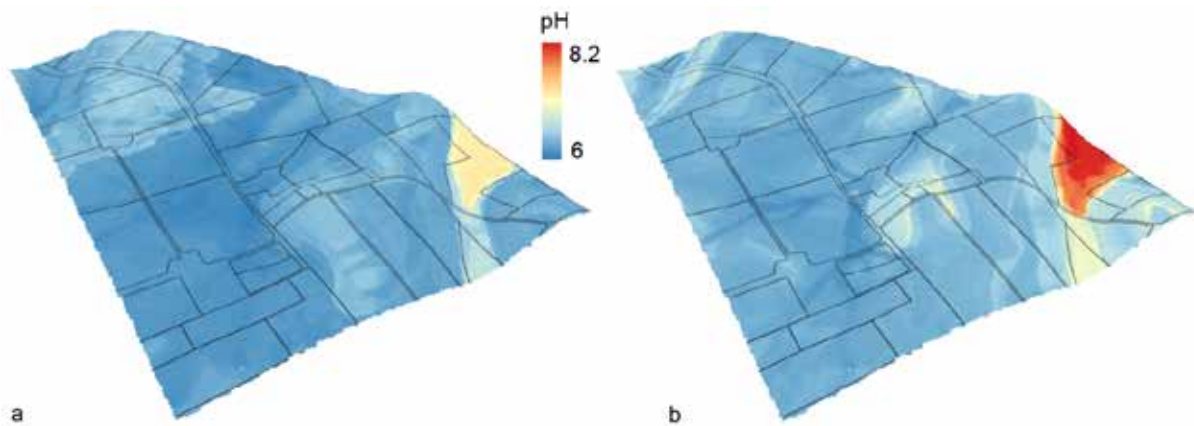


Figura 6. pH 0-10 cm (a) y pH 10-20 cm (b).

En cambio, el ajuste no fue bueno para la predicción de COT (R^2 ajustado = 0.10 entre 0-10 cm y R^2 ajustado = 0.03 entre 10-20 cm). Esto puede deberse a la baja correlación entre sus valores y los parámetros del terreno considerados en la modelización o a que estos no presentan una distribución espacial relacionada al paisaje ni al manejo de los potreros. Sin embargo los errores cuadráticos medios RMSE no son altos, siendo para la profundidad de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm de 0.46 y 0.30 respectivamente, con un error absoluto medio (MAE) de 0.38 y 0.23.

En cuanto al peso de los predictores en las predicciones de COT, al haber presentado un R^2 ajustado bajo, este se repartió entre los 8 predictores utilizados en la modelización.

Las predicciones reflejan los valores más altos COT de 0 a 10 cm (media de 2.4) que de 10 a 20 cm (media de 1.5) (Figura 7).

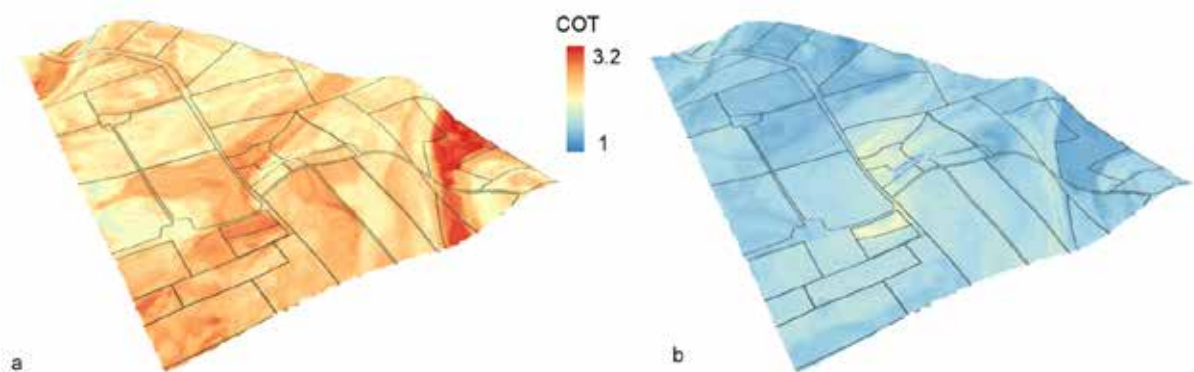


Figura 7. COT 0-10 cm (a) y COT 10-20 cm (b).

CONCLUSIONES

La elaboración de predicciones mediante Cartografía Digital de Suelos a escala de predio constituye una interesante alternativa a aquellas realizadas con geoestadística univariada o métodos de interpolación más simples (polígonos de Thiessen, ponderaciones de distancia inversa IDW, splines) o más complejos (kri-

gings). Si bien los modelos geoestadísticos univariados reconocen la autocorrelación espacial, la geoestadística multivariada que utiliza la CDS además integra el modelo factorial suelo-paisaje de Jenny, modelando la variabilidad espacial de las propiedades del suelo en función de la variabilidad del paisaje a través de las covariables ambientales. A esta escala se requieren predictores de calidad de alta resolución espacial y una importante densidad de datos de campo.

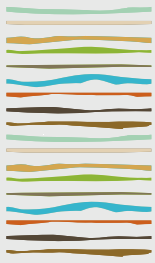
AGADECIMIENTOS

A Marcos Angelini por su generosidad para compartir sus conocimientos en la temática y por haber desarrollado el script empleado en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Franco Daniel Frolla, Marcos Esteban Angelini, Marcelo Javier Beltrán, Guillermo Ezequiel Peralta, Luciano Elias Di Paolo, Darío Martín Rodríguez, Guillermo Andrés Schulz, Carla Pascale Medina. Prediction stock of soil organic carbon in Argentina. Argentina: Soil Organic Carbon Sequestration Potential National Map. National Report. Version 1.0. Year: 2021. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/GSOCseq/Argentina_SOC_SequestrationPotentialNationalMap.pdf
- Jackson, ML. 1976. Análisis Químico de Suelos. Pp 662. Ed. Omega, Barcelona.
- Meinshausen, N. 2006. "Quantile Regression Forests", Journal of Machine Learning Research.
- Minasny, B., McBratney A.B. 2015. Digital soil mapping: A brief history and some lessons.
- Olmedo, G.F.; Angelini, M.E.; Schulz, G. A.; Rodríguez, D.M.; Taboada, M.A.; Pascale, C.; Escobar, D.; Guevara, M.; Heuvelink, G.B.M.; Colazo, J.C.; Gaitán, J.J.; Aleksa, A.S.; Babelis, G.C.; Peralta, A.R.; Peralta, G.; Rojas, J.M; Sainz Rozas, H.R.; Vizgarra, L.A. 2018. Prediction stock of soil organic carbon in Argentina. <https://zenodo.org/record/6323695#.YztBmnbMJPa>
- Rodríguez, D.M.; Schulz, G.A.; Tenti Vuegen, L.M.; Angelini, M.E.; Olmedo, G.F.; Lavado, R.S. 2020. Salt-affected soils in Argentina. <https://zenodo.org/record/6323102#.YzdZGHbMJPa>
- Schulz, G.A.; Rodríguez, D.M.; Angelini, M.E.; Moretti, L.M.; Olmedo, G.F.; Tenti Vuegen, L.M.; Colazo, J.C.; Guevara, M. 2022. Digital soil texture maps of Argentina. <https://zenodo.org/record/6312654#.YzdY1XbMJPa>
- Sparks, DL.; Page AL; Helmke PA; Loeppert RH; Soltanpour PN; Tabatabai MA. 1996. CT Johnson y ME Sumner (eds). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. ASA-SSSA Book Series. Madison WI. USA. 1390 Pp.
- Tenti Vuegen, L.M.; Rodríguez, D.M.; Moretti, L.M.; De la Fuente, J.C.; Schulz, G.A.; Angelini, M.E. 2022. Black soils in Argentina. <https://zenodo.org/record/6323558#.YzdZ6HbMJPa>





DETERMINACIÓN DE CRITERIOS DE REQUERIMIENTOS DE SUELO PARA MANÍ A PARTIR DE ANÁLISIS DE FRONTERA

Vicondo, M.E.^{1,2,*}, J.M. Villar Mir³, M. Monetti¹

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria;

2 Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Nacional de Córdoba.

3 Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria-Universidad de Lleida.

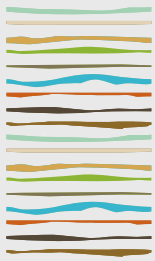
* Ruta Nac 9, km 636, (X5988) Manfredi, Provincia de Córdoba, vicondo.manuel@inta.gob.ar

RESUMEN

Argentina es uno de los principales productores y exportadores de maní en el mundo. El cultivo es producido principalmente en la Provincia de Córdoba y constituye su economía regional más importante. Durante las últimas décadas la localización de la producción del maní ha cambiado generando la necesidad de conocer la aptitud de los nuevos ambientes para su producción. Si bien existen antecedentes de requerimientos de suelo para maní, estos no están actualizados o corresponden a condiciones locales en otros sitios. Para realizar una evaluación del territorio, será necesario obtener criterios adaptados a las condiciones actuales y locales. El objetivo de este trabajo fue obtener mediante análisis de frontera, los requerimientos edáficos del cultivo de maní para la región manisera de la provincia de Córdoba. Se contó con información de 493 valores de rendimientos de maní geolocalizados, correspondientes a 5 campañas de producción y distribuidos en toda el área de estudio. La información de las variables edáficas se obtuvo de la Carta de Suelos de la República Argentina. Se trabajó con la información existente a la mayor escala disponible. Para cada unidad cartográfica se eligió un suelo representativo, aquella serie que se encontraba en mayor proporción o que mejor representaba las características de la unidad. Se utilizaron valores de rendimiento relativo para cada uno de los lotes de maní, considerando el valor 100 para el máximo rendimiento obtenido. Para cada punto se extrajo la información de suelo y se construyeron los diagramas de dispersión. La variable dependiente en todos los gráficos fue el rendimiento relativo y como variable independiente se utilizaron las características de suelo (%Carbono Orgánico, pH(pasta), pH(agua1:2,5), Suma de bases, Ca²⁺ y Mg²⁺ y K+ (cmolc/kg) 0-25 cm. CIC (cmolc/kg) y %Saturación con Bases 0-50 cm. %Arcilla, %Limo, %Arena 0-100 cm.). La línea de frontera se delimitó ajustando una función por mínimos cuadrados a un conjunto de puntos seleccionados sobre la frontera de la nube de datos. Para cada set de datos se eligió la función que mejor ajustaba de acuerdo a su coeficiente de determinación (R^2). A partir de la línea de frontera se construyeron modelos de factor simple para cada una de las variables de suelo a estudiar. Aquellos rangos de variables con los que se lograban rendimientos relativos superiores 85% se consideraron muy aptos, entre 85% y 60% de rendimiento relativo fueron considerados moderadamente aptos y entre 60% y 40% entraban en la categoría de marginalmente aptos. Por debajo del 40% del rendimiento relativo se consideraron rangos no aptos para el cultivo de maní. El análisis de frontera resultó de utilidad para establecer los requerimientos de suelo para determinar categorías de productividad del cultivo de maní en la Provincia de Córdoba. Aunque los criterios establecidos por este medio solo son válidos para los rangos de las características dentro del que fueron determinados y esta región en particular. La utilización de los criterios en un sistema de evaluación de máxima limitación permitió determinar áreas muy aptas, moderadamente aptas y no aptas desde el punto de vista productivo.

Palabras clave: Evaluación de tierras, Productividad, Provincia de Córdoba.





EVALUACIÓN DE APTITUD DE LAS TIERRAS PARA PINO TAEDA EN EL NOROESTE DE CORRIENTES

Kurtz, D.B.^{1*}, D.D. Ybarra¹, S.C. Perucca¹, A.R. Perucca¹,
R.A. Barrios¹, C.L.J. Flores¹

¹ INTA EEA Corrientes, Grupo Recursos Naturales;

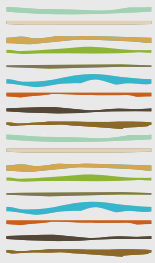
*Ruta Nacional 12, km 1008, (3400), Prov. de Corrientes, kurtz.ditmar@inta.gob.ar

RESUMEN

En el noroeste de la provincia de Corrientes se observa una expansión y contracción muy frecuente del área cubierta con agua, que impacta también sub-superficialmente, lo que podría estar afectando de manera directa al desarrollo y normal crecimiento de ciertas especies forestales como es el caso del pino taeda. Con el propósito de determinar la aptitud de los suelos para la correcta implantación de pino taeda, se realizó la evaluación y posterior cartografía a escala 1:100.000, usando como base trabajos anteriores (Ligier et al. 2014), elaborado para el sector del Gran Paisaje de la Llanura Arenosa y del Gran Paisaje Planicie Aluvial del Paraná y afluentes; representando un área aproximada de 905.925 hectáreas. Esta evaluación se realizó empleando el marco conceptual detallado por FAO para cultivos específicos, utilizando como auxiliar del proceso al Automated Land Evaluation System (ALES). Los Requisitos de Utilización de la Tierra (RUT), se seleccionaron a partir de una revisión bibliográfica exhaustiva y teniendo en cuenta los criterios adaptados a la zona de producción y al escenario ambiental. Los requisitos seleccionados incluyeron: textura del horizonte superficial, profundidad efectiva, drenaje, valores de pH y posición en el paisaje. Los datos de la oferta se obtuvieron a partir de cartografía publicada para el área de estudio. En base a los RUT se conceptualizaron y desarrollaron los árboles de decisión, confrontándose la oferta de las tierras con las exigencias de la especie forestal, generándose los resultados de aptitud de las tierras para pino taeda. Los resultados de la evaluación se volcaron en un SIG mediante el software libre QGIS 3.26, definiéndose superficies de tierras muy aptas (211.539 ha), moderadamente aptas (133.542 ha) y marginales (275.441 ha) para pino taeda. La información generada representa un aporte original y disponible para los actores involucrados en el territorio. Estos estudios pueden servir como guía para la expansión y desarrollo forestal en las áreas aptas, a fin de que puedan expresarse los rendimientos potenciales de los diversos materiales genéticos disponibles. Finalmente, el modelo desarrollado tendrá acceso y libre disponibilidad para quien lo requiera.

Palabras clave: ALES, agua, modelo.





AVANCES EN CARTOGRAFIA Y EVALUACION DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO SAN LUIS DEL PALMAR, CORRIENTES

Ybarra D.D.^{1*}, D.B. Kurtz¹, S.C. Perucca¹, A.R. Perucca, T.S. Rey Montoya¹, R.A. Barrios¹, C.L.J. Flores¹, J.P. Matteio¹, C.E. Grancic¹

¹ INTA EEA Corrientes, Grupo Recursos Naturales; Ruta Nacional 12, km 1008, (3400), Prov. de Corrientes, Ybarra.diego@inta.gob.ar

RESUMEN

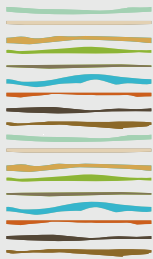
La provincia de Corrientes podría aprovechar la aptitud potencial de su recurso suelo para incrementar la producción agropecuaria y forestal, generando más trabajo y estimulando el desarrollo territorial de manera sustentable. El conocimiento de la distribución espacial de los suelos es condición necesaria para predecir la aptitud a diversos usos de las tierras. Es fundamental contar con cartografía de suelos actualizada y en forma digital, que permita localizar rápidamente las zonas de diferente aptitud específica y a una escala compatible para la toma de decisiones. Es por ello que el Grupo de Recursos Naturales de la EEA INTA Corrientes a través de la Red de Cartografía y Evaluación de Tierras (RIST 051) del INTA, tiene como objetivo cartografiar a escala de semidetalle los suelos del departamento de San Luis del Palmar en la provincia de Corrientes; generando AgroTICs basados en cartografía digital de tierras a escala 1:50.000; información necesaria para la evaluación de la aptitud específica para distintos usos, aplicando el esquema FAO. Siendo factible, de esta manera, la creación de mapas digitales de múltiples formatos y de amplia difusión, permitiendo una caracterización agroclimática y edáfica del departamento. Para el presente estudio se tomaron en cuenta como antecedentes de cartografía de suelos en la provincia de Corrientes trabajos anteriores (Escobar et al., 1983; 1996). La selección de imágenes satelitales se realizó a partir de un listado de imágenes históricas y actuales de la serie Landsat 5 TM y Sentinel-2 respectivamente. Para el relevamiento de suelos a campo se seleccionaron 4 áreas muestra cubriendo paisajes representativos en todo el departamento (255.100 hectáreas), donde se efectuó el levantamiento de información de suelos de forma intensiva. Entre los criterios para la selección de áreas muestra se contemplaron los relativos a representatividad paisajística, extensión geográfica, heterogeneidad, uso y accesibilidad. La superficie de las áreas muestra representan aproximadamente un 20% del total de la superficie del departamento de San Luis del Palmar. Realizándose hasta el momento un total de 40 calicatas, de las cuales se describió el perfil basándose en el manual de reconocimiento a campo del USDA. Las muestras recolectadas hasta el momento suman 200, las que se analizan en laboratorio significando unas 2000 determinaciones físicas y químicas. La finalización de este trabajo contribuirá con el ordenamiento del territorio, mejorando la toma de decisiones de los actores del mismo, pretendiendo y buscando de esta manera una mejor planificación de las actividades.

Palabras clave: mapas, recurso, suelos.



Educación, Extensión y Transferencia de la Ciencia del Suelo





ARCILLAS Y ARTE CERÁMICO

Billoni, S.L.

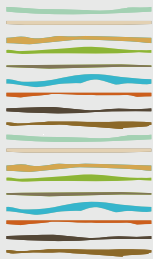
Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Río Gallegos. Escuela de Recursos Naturales
Av. Gregores y Piloto Rivera (9400) Río Gallegos, Prov. de Santa Cruz, sbilloni230@yahoo.com.ar

RESUMEN

La función que cumplen los recursos naturales en la vida cotidiana de las personas suele ser subestimado, desconociendo muchas veces el origen y la diversidad de usos al que se pueden destinar. Tal es el caso de las arcillas, un recurso muy utilizado por nuestros antepasados y que se emplea actualmente para una gran variedad de productos gracias a la versatilidad que le aportan sus propiedades. El arte cerámico es uno de los tantos usos que se le puede dar a las arcillas. Es objeto de estudio de la historia, antropología, química, física, artes plásticas, entre otros. En el marco de la carrera Ing. en Recursos Naturales Renovables, se trabajó desde la cátedra Edafología, en el proyecto Cerámica y Recursos Naturales, actividad optativa para los estudiantes que se encontraban cursando la materia. El taller de cerámica local "Arte Rupestre" brindó los materiales y espacio para el desarrollo de la actividad, realizada durante 4 encuentros de 2 hs cada uno. Se elaboraron pastas y engobes a partir de arcillas provenientes de diversos lugares de la Provincia de Santa Cruz: El Calafate, Lago Posadas, San Julián, entre otros. Las pastas se formaron utilizando 30% de caolín (arcilla blanca) proveniente de cercanías de Puerto San Julián, y 70% de las arcillas locales de composición química desconocida, llamadas arcillas rojas. Se obtuvieron pastas de variadas plasticidades que fueron utilizados para confeccionar piezas cerámicas. Los engobes, suspensión de materiales plásticos y no plásticos fueron elaborados utilizando recursos locales, morteros para triturar el material, y tamices; se aplicaron en las piezas previo a la cocción. Los alumnos confeccionaron teselas, es decir pequeñas piezas rectangulares, a partir del caolín y las mezclas de arcilla preparadas durante la actividad. Las mismas se pintaron en el 50% de la superficie con los engobes preparados. Se determinó el cambio de coloración en húmedo, seco y luego de la cocción a 1020°C tanto de las arcillas utilizadas para la confección de las teselas, como también de los engobes. Luego se elaboraron pequeñas piezas cerámicas, principalmente cuencos. Por último, cada alumno procedió a decorar una máscara de cerámica suministrada por el taller. Posteriormente los alumnos debieron elaborar un informe final, profundizando en la búsqueda y lectura de bibliografía, relacionada a las características de las arcillas presentes en la provincia, su importancia en el caso del caolín, los yacimientos existentes y factores relacionados a la formación. La experiencia fue positiva, ya que algunos alumnos desconocían que las arcillas son la materia prima para la elaboración de piezas cerámicas, ya sea en forma artesanal o industrial. También pudieron relacionar las características artísticas de las arcillas, como la plasticidad y su aptitud para utilizar como engobe, con su composición química, tema abordado en la cátedra.

Palabras clave: caolín, recursos naturales, arte





COMPOSTAJE COMUNITARIO: UNA EXPERIENCIA CON LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA UARG.

Billoni, S.L, D.O. Grima, R.C. Asueta, C. Cadín Oyarzo, A. Torres, O. Modarelli, M.E. Arregui, L.L. Lucero Crespín

Unidad Académica Río Gallegos (UARG); Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA); Instituto de Ciencias del Ambiente, Sustentabilidad y Recursos Naturales - ICASUR. Av. Gregores y Piloto Rivera, (9400) Río Gallegos, Prov. de Santa Cruz, sbilloni230@yahoo.com.ar

RESUMEN

Se estima que la fracción orgánica representa entre el 40 y 60% de los residuos sólidos urbanos (RSU). En la pirámide de jerarquía de gestión de los RSU, la valorización en origen es una de las prácticas más adecuadas porque permite disminuir la cantidad de residuos *in situ*. Por otra parte, el compostaje es la técnica más apropiada para el tratamiento de los residuos orgánicos. El compostaje comunitario es una modalidad de gestión descentralizada de residuos, en la cual los generadores realizan el tratamiento de sus residuos orgánicos en un sitio de compostaje común, al cual aportan en forma voluntaria. En el campus universitario de la UNPA-UARG contamos con composteras comunitarias. En las mismas se inició una prueba piloto con participación de voluntarios que aportaron sus residuos orgánicos en contexto de pandemia. Los residuos fueron distribuidos en 6 módulos, bajo 2 tratamientos: triturados y sin triturar. Al inicio, a los 3 y 5 meses se tomaron muestras para la determinación de diversas variables, presentándose en esta oportunidad los valores de pH, conductividad y N. Si bien existieron algunas diferencias puntuales, en general no hubo un efecto del tratamiento sobre las variables evaluadas. A lo largo del proceso de compostaje se observó una disminución considerable del volumen de residuos, por ello, se decidió unificar en un módulo los residuos no triturados y en otro módulo, los residuos triturados. Esta experiencia nos permite realizar algunos ajustes principalmente sobre la viruta utilizada como fuente de carbono. Luego de aproximadamente un año, continúa con pocos indicios de degradación visualmente. Por ello, si bien actúa como estructurante, podría no estar aportando carbono, debido a su lenta degradación. Por otra parte, para los alumnos fue una instancia importante luego de un largo período de inactividad en las aulas y laboratorios a causa de la pandemia por COVID.

Palabras clave: residuos orgánicos, compostaje descentralizado, ODS.

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos es uno de los mayores problemas asociados a las actividades humanas. En los centros urbanos la cantidad de residuos generados varía en función de las costumbres, nivel de ingresos, calidad de vida, entre otros, siendo en nuestro país de aproximadamente 0,9 kg/persona/día (ENGIRSU, 2005). Se estima que la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) representa entre el 40 y 60% de los residuos sólidos urbanos (RSU). La localidad de Río Gallegos no cuenta actualmente con recolección diferenciada para la FORSU y la misma es enterrada junto con otras corrientes de residuos que no pueden recuperarse o destinarse al reciclaje.

En la pirámide de jerarquía de gestión de los RSU, la valorización en origen es una de las prácticas más adecuadas porque permite disminuir la cantidad de residuos *in situ*. Por otra parte, el compostaje es la técnica más apropiada para el tratamiento de la FORSU. El compostaje se define como un proceso controlado de transformación biológi-



ca de la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas y termófilas (Res. SENASy SCyMA 1-2019). El compostaje domiciliario y el realizado en forma comunitaria muchas veces no alcanza las temperaturas termófilas requeridas, debido a los bajos volúmenes que se alcanzan. Por ello, se considera importante ser cuidadosos en cuanto a los tipos de residuos que se incorporan a las composteras.

Se considera compostaje comunitario a la modalidad de gestión descentralizada de residuos, en la cual los generadores se hacen cargo en forma total o parcial, del tratamiento de sus residuos orgánicos en un sitio de compostaje común, al cual aportan en forma voluntaria. Incluye al compostaje barrial, institucional y residencial.

El presente trabajo se realizó en el campus universitario de la UARG-UNPA (Figura 1), en el marco de los proyectos de extensión "Compostaje comunitario en un barrio de Río Gallegos" y "En la Universidad y en el Barrio: la gestión descentralizada de residuos". Participaron docentes y alumnos de la carrera Ing. en Recursos Naturales Renovables de la UNPA-UARG.

A partir de las restricciones impuestas por la pandemia del COVID, los proyectos debieron ser replanteados. Se reorganizó el plan de trabajo propuesto inicialmente que consistía en el compostaje de la FORSU generada en el comedor del campus universitario.

A partir del levantamiento parcial de las restricciones impuestas por la pandemia, se implementó una encuesta mediante Google Form, para identificar a aquellos integrantes de la comunidad universitaria interesados en aportar sus residuos orgánicos a las composteras comunitarias.

El Campus Universitario UARG cuenta desde el año 2019 con un sitio demostrativo en el cual se instalaron composteras comunitarias, que representan un espacio en donde los alumnos integrantes del proyecto pudieron realizar prácticas relacionadas con la gestión de los residuos y posteriormente análisis de laboratorio a partir de las muestras tomadas en las composteras.

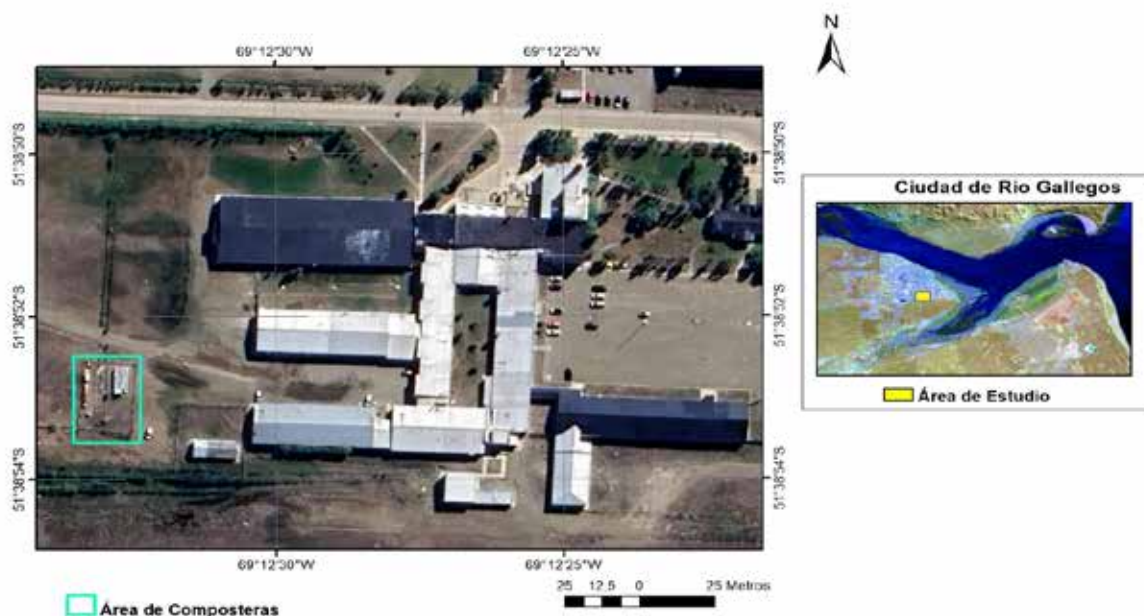


Imagen 1. Ubicación de Campus universitario y composteras comunitarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con composteras de 0,4 m³ de capacidad, divididas a la mitad por una placa, de manera que cada compostera se encuentra formada por 2 módulos, identificados con números correlativos del 1 al 6 (Foto 1).

Desde el mes de agosto de 2021, una vez por semana se recepcionó la FORSU de los voluntarios identificados previamente mediante encuestas. Los residuos se acopiaron en un contenedor, al finalizar cada jornada se homogeneizaron y separaron en dos partes iguales. Una de las fracciones se distribuyó en 3 módulos, mientras que la otra fracción se trituró en una máquina trituradora de orgánicos y luego se distribuyó en otros 3 módulos. En cada módulo se alternaron capas de la FORSU y hojas, inicialmente, y luego viruta provista por una maderera local. El procedimiento continuó por 2 meses, hasta completar el volumen de los módulos. A partir de allí, se comenzó a mezclar periódicamente y regar cuando era necesario. Se tomó la temperatura al mismo tiempo con termómetro de mercurio. Al inicio y cada 2 meses se tomaron muestras de los residuos en proceso de compostaje. Se determinó la densidad aparente, contenido de materia orgánica, pH, conductividad, nitrógeno total y fósforo disponible. Las muestras se analizaron en los laboratorios del campus universitario. En este trabajo se presentan los resultados de los 5 meses iniciales de compostaje.



Foto 1. Composteras del Campus universitario. Unidad Académica Río Gallegos UNPA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El total de residuos recibidos e incorporados a las composteras fue de 782 kg, mientras que el total de hojas secas y viruta fue de 24,6 kg. A lo largo del proceso de compostaje se observó una disminución considerable del volumen de residuos, por ello, en el mes de mayo del corriente se decidió unificar en un módulo los residuos no triturados y en otro módulo, los residuos triturados.

La temperatura máxima se registró a las 3 semanas de producirse la primera mezcla de los residuos. La misma fue de 30 °C, con una temperatura del aire de 15°C.

Los valores de pH y conductividad fueron similares a los reportados por Arrigoni (2007). El pH varió entre 8,1 y 9,0 y se encontraron diferencias significativas entre tratamientos únicamente en la primera fecha de muestreo ($p < 0,05$). Los valores de conductividad se encontraron en el rango de 3,6 a 5,2 mS/cm; no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en el período considerado, sin embargo los residuos sin triturar mostraron una mayor variabilidad en los valores de conductividad y pH.



En relación al contenido de nitrógeno total, se observa un aumento en la concentración a lo largo del período considerado. Los valores más bajos corresponden a los residuos sin triturar al inicio del proceso (1,1%), mientras que los mayores valores se encontraron en la última fecha de muestreo, sin diferencias entre tratamientos (media: 1,6 %; $p>0,05$). Los valores encontrados son similares a los reportados por Tognetti (2007).

En los meses de invierno con temperaturas cercanas en ocasiones a los -15°C , el proceso de compostaje se vio afectado. Luego de aproximadamente un año, la viruta continúa con pocos indicios de degradación visualmente. Por ello, si bien actúa como estructurante, podría no estar aportando carbono, debido a su lenta degradación. Sin embargo, fue el material con el que se contaba en el momento. Al no finalizar actualmente el proceso de compostaje, no se puede concluir sobre el efecto del triturado de los residuos.

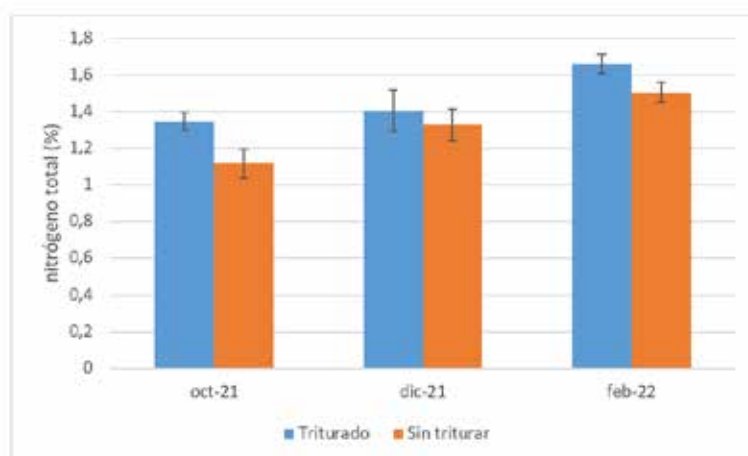


Gráfico 1. Valores promedio ($\pm St$) de nitrógeno total (%) a lo largo del periodo evaluado.

CONCLUSIONES

El manejo y disposición adecuada de los residuos es una de las grandes demandas de la sociedad actual y se enmarca a nivel mundial en los ODS. El compostaje es una actividad que adquiere cada día mayor relevancia por la necesidad de hacer un uso más eficiente de los recursos y tiene implicancias en el cuidado y preservación del ambiente. Resulta necesario continuar incentivando y favoreciendo las prácticas del compostaje a nivel comunitario, para lograr un efecto multiplicador. Esta experiencia constituyó un espacio de enseñanza-aprendizaje importante para los alumnos luego de un largo período de inactividad en las aulas y laboratorios a causa de la pandemia por COVID.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrigoni, J.P. 2011. Evaluación del desempeño de diferentes prototipos de compostadores en el tratamiento de residuos orgánicos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Comahue, Neuquén, Argentina, 127 pp.
- Martínez, L. E. P. F. Rizzo, P. A. Bres, N. I. Riera, M. E. Beily y B. J. Young. Compendio de métodos analíticos para la caracterización de residuos, compost y efluentes de origen agropecuario y agroindustrial / compiladores Laura E. Martínez... [et al.]. – Buenos Aires: Ediciones INTA; Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola, 2021. 159 p.: il. (PDF).
- Mazzarino, M.J. y P. Satti (Eds.). 2012. Compostaje en Argentina: Experiencias de Producción, Calidad y Uso. UNRN y Orient. Gráfica Editora, Buenos Aires. 348 pp.
- Moreno Casco, J. y R. Moral Herrero. 2008. Compostaje. Mundi-Prensa Libros S.A., España.
- Plana González- Sierra, R., J.S. Arizmendiarieta, B. Puyuelo Sánchez, I. Irigoien Iriarte y G. Nohales Duarte. 2019. Guía Práctica para la implementación del compostaje comunitario como alternativa para la gestión local de los biorresiduos. Asociación Fértil Auro.
- Resolución N° 01 de 2019 conjunta de la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental y del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad

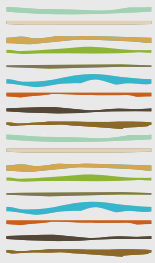


Agroalimentaria (SCyMA-SENASA). Marco Normativo para la producción, registro y aplicación de compost. 10 de enero de 2019. Boletín Nacional N° 34031.

Roselli, L., P. Satti, M.J. Mazzarino y M.P. Crego. 2017. Técnicas para análisis de compost. Grupo de suelos del CRUB-Univ. Nac. Comahue.

Tognetti C. 2007. Compostaje de residuos orgánicos urbanos: optimización del proceso para una mayor calidad del producto final. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Comahue, San Carlos de Bariloche, Argentina, 175 pp.





EL ARTE DE DAR RESPUESTAS A LAS PROBLEMÁTICAS EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE TIERRAS

Bonel, B.A.¹, S. Montico¹

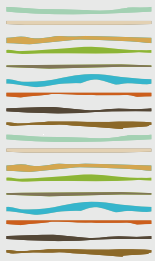
¹Facultad de Ciencias Agrarias (UNR).
Parque Villarino, CC N° 14, Santa Fe, Argentina bbonel@unr.edu.ar

RESUMEN

La formación de profesionales con competencias para resolver problemas, con capacidad de producir prácticas transformadoras y de adaptarse a los escenarios cambiantes, requiere de una intervención didáctica que ayude al estudiante a cuestionarse y reformular los modos empíricos de representar el mundo real. En la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) desde 2015 la asignatura Manejo de Tierras participa, en forma integrada con Taller III, de una experiencia de aprendizaje extra áulica, donde se solicita a los estudiantes una tarea de campo que es gestionada sólo por ellos, devolviendo un resultado o evidencia. La actividad se apoya en saberes previos acreditados o no en la carrera y en contenidos específicos desarrollados durante la asignatura Manejo de Tierras, a los que se pretende sumar una habilidad práctica con responsabilidades autogestionadas. Ejemplos de estas tareas son las de realizar un diagnóstico de perfil cultural o un diagnóstico de fertilidad de suelo, en un establecimiento que los alumnos ya vienen estudiando en el cursado del Taller de Integración "Sistemas de producción agropecuarios", durante el cuarto año de la carrera de Ingeniería agronómica. Durante cinco años se recabaron evidencias de los procesos realizados por los estudiantes, tales como "desempeñar diferentes roles, activar situaciones laborales, jerarquizar la labor grupal, la planificación de tareas, visibilizar la falta de experiencia, enfrentar incertidumbres, construcción de criterio propio, vinculación con actores del sector agropecuario, aprender del error, etc." La actividad logra que el estudiante adquiera habilidades y competencias por sobre el aprendizaje de contenidos conceptuales. No obstante, se observa que la biografía escolar tradicional marca el recorrido de la mayoría de los estudiantes, con una marcada tendencia hacia el positivismo y con una actitud reproductiva por sobre lo creativo y artesanal. La actividad facilita el afianzamiento de conocimientos ya adquiridos, pero no alcanza para cuestionarlos y modificar la realidad. El proceso de enseñanza debería partir de prácticas auténticas (aquellas que le son cotidianas, significativas y relevantes en su cultura) apoyadas en procesos de interacción social similares al aprendizaje artesanal. Los estudiantes deben aprender a aprender de otra forma y eso lleva un tiempo extra por lo que lo que puede haber cierta resistencia. El rol docente es fundamental ya que posibilita establecer mayores relaciones según la instrumentación didáctica que haga (exposición, interrogatorio, materiales que utilice). El trabajo con las situaciones reales, propicia la integración de contenidos, pero se hace necesario fortalecer la reflexión sobre la acción y sobre la reflexión en acción para reconstruir lo realizado, para comprenderlo y aprender de lo que estamos haciendo. Las propuestas pedagógico didácticas de los dos espacios deberían disponer de un tiempo extra para considerar una intervención superadora de la actual. Probablemente un espacio de intervención en años previos a la cursada de cuarto año constituiría una práctica interesante en el trayecto de formación de los futuros profesionales.

Palabras clave: intervención pedagógica, contextos reales, prácticas profesionales





DESDE EL SUELO PARA LA AGROECOLOGÍA: UN NUEVO ABORDAJE EN LA ENSEÑANZA DE MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA

Bruno, C.V.^{1*}, A. Heguiabehere^{1*}, M.A. Porporato^{1*}

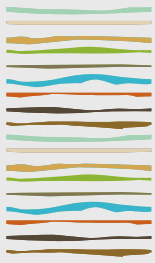
^{1*} Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto;
Ruta Nac. 36, Km. 601 - X5804BYA Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina. cbruno@ayv.unrc.edu.ar

RESUMEN

En la asignatura Microbiología Agrícola del 2° año de la carrera de Ingeniería Agronómica de la UNRC, se pretende que el estudiante adquiera conocimientos sobre el mundo microbiano, posea un panorama global de la importancia de los microorganismos en los suelos de uso agrícola y desarrolle capacidades relacionadas al trabajo seguro en laboratorio. Desde la asignatura somos parte de un proyecto Innovador para el Mejoramiento de la Enseñanza de grado que busca incorporar la agroecología en la currícula de la carrera, donde se manifiesta, la creciente preocupación de la sociedad tanto por la preservación ambiental en un marco de sustentabilidad y por la demanda de alimentos más sanos. Se presenta, así la necesidad de adecuar el currículo a los cambios y demandas sociales y a la dinámica disciplinar en la formación de los futuros profesionales. El objetivo de este trabajo fue profundizar, en la dimensión áulica esta problemática realizando un diagnóstico en relación a las concepciones que los estudiantes tienen respecto a las formas de usos del suelo para la producción que no resulten en la contaminación del mismo. En el marco de la investigación cualitativa, se realizaron encuestas y entrevistas a docentes y estudiantes, durante el año 2021, indagando acerca de los obstáculos en relación a la incorporación de la agroecología, para proponer un nuevo abordaje de la enseñanza de Microbiología Agrícola en un futuro cercano, a través de la construcción de recursos didácticos como estrategia que promuevan el aprendizaje significativo de la misma. Desde la asignatura se inició con la revisión y análisis del proyecto de cátedra a los fines de incorporar la agroecología con sus diferentes dimensiones. El diagnóstico realizado, permitió visibilizar un gran interés por parte de docentes y estudiantes en conocer mejor la temática. Ambos reconocen la demanda social de la agroecología y la necesidad de recibir formación académica respecto al tema. Observan la insustentabilidad de los sistemas productivos actuales y, por consiguiente, la fragilidad que esto conlleva. En relación a las formas de usos del suelo para la producción que no resulten en la contaminación del mismo, los estudiantes sostienen que la agroecología es una alternativa viable para ello, y manifiestan la necesidad de conocer y profundizar en técnicas concretas de manejo agroecológico de los suelos. Surgieron algunas resistencias respecto a estas innovaciones, pero no oposiciones. Como reflexión de esta investigación diagnóstica que contempla las miradas de los estudiantes, nos proponemos elaborar una propuesta pedagógica innovadora que nos invite a pensar en el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje, desprendiéndose de la mirada hegemónicas de producción con enfoques reduccionistas y de corto plazo. La misma, pretende que los estudiantes y docentes de la carrera Ingeniería Agronómica debatan sobre el nuevo paradigma agroecológico que atraviesa nuestra profesión.

Palabras clave: suelos, agroecología, enseñanza.





PRESENTE Y FUTURO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL SUELO DE LA EPG FAUBA

Chagas, C.I.¹, F. Behrends Kraemer^{1,2}

¹ Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires;

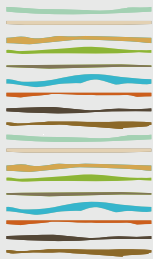
² CONICET. chagas@agro.uba.ar

RESUMEN

La creciente presión hacia los recursos naturales está determinando alteraciones significativas en los servicios ambientales que amenazan la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria. Ante este escenario, es cada vez más necesario formar egresados con sólidos conocimientos en un recurso natural fundamental como es el suelo. En este sentido hace 35 años la Maestría en Ciencias del Suelo de la Escuela para Graduados Alberto Soriano de FAUBA, genera conocimientos y prepara profesionales, docentes e investigadores de alto nivel científico-tecnológico. Recientemente, esta carrera ha logrado mantener la categoría "A" (CONEAU). Luego de una exhaustiva evaluación, esta carrera ha demostrado poseer características y estándares elevados para seguir posicionándose como una de las maestrías más prestigiosas en Argentina y Latinoamérica. Esto queda demostrado por la gran cantidad de alumnos tanto argentinos como extranjeros que toman sus cursos y la profusa publicación de artículos científicos asociados a tesis defendidas en este marco (129). Además de realizar una tesis original, la maestría requiere cumplir con un plan de estudios de al menos 34 créditos (1 crédito equivale a 16 hs). El plan recientemente aprobado por UBA y acreditado por CONEAU, otorga a la maestría una alta flexibilidad en la elección de cursos los cuales pueden ser seleccionados de distintos programas de esta escuela y de otras universidades o centros académicos reconocidos, siempre y cuando al menos el 50% de las asignaturas seleccionadas sea del presente programa. Ésta constituye una importante mejora ya que permite una mayor armonización entre el tema de tesis y los cursos necesarios para su abordaje en forma sólida. Las 21 asignaturas de la carrera ofrecen conocimientos teóricos y aplicados, incluyen viajes, actividades prácticas de campo y laboratorio. Las mismas comprenden todo el rango de temáticas relacionadas con la Ciencia del Suelo, pues se ajustan a las cuatro divisiones de la IUSS. Además otorgan créditos para el Doctorado de la UBA. Otro aspecto destacable radica en su plantel docente: la carrera cuenta con 32 profesores regulares y más de 40 docentes invitados. Considerando a los primeros, más del 90% posee doctorado, la mayoría tiene categoría de profesor de la UBA y de otras universidades prestigiosas del país y algunas extranjeras, muchos son investigadores de CONICET e INTA. Además, la carrera posee convenio con instituciones públicas (INTA), privadas (TECNOAGRO S.R.L) y lazos de cooperación con universidades extranjeras (i.e. UFRRJ, UFRGS y UFSM de Brasil y Universidad de Chile y de Francia). Durante la Pandemia COVID-19 la carrera se adaptó rápidamente proponiendo cursos virtuales sincrónicos, los cuales permitieron, además de dar continuidad al programa, aumentar su visibilidad, número de inscriptos y lazos con distintas instituciones y regiones del país y Latinoamérica. En síntesis esta carrera tradicional de la Ciencia del Suelo luego de 35 años de actividad ininterrumpida se encuentra vigente y dispuesta a aceptar los nuevos desafíos que implican la incorporación de nuevas tecnologías de enseñanza aprendizaje así como el mejoramiento continuo de su calidad educativa.

Palabras clave: educación, formación de posgrado, recursos naturales.





“EL SUELO ESTÁ EN NUESTRAS MANOS...” COMPARTIENDO APRENDIZAJES EN ESCUELAS AGROTÉCNICAS DE JUJUY

Diez Yarade, L.G.^{1*}, G.S. Fernandez¹², P.R. Williams³, D. Gómez Borús¹, M. Valdiviezo Corte¹

¹FCA UNJu 1;

²INTA AER Perico;

³Escuela Agrotécnica N° 7 Ing. Ricardo J. Hueda

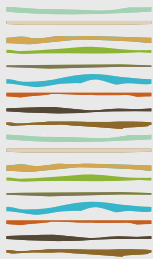
*Alberdi 47, San Salvador de Jujuy (4600), Prov. de Jujuy, diezyarade.laura@fca.unju.edu.ar

RESUMEN

La propuesta se fundamenta en el trabajo realizado con jóvenes estudiantes de las Escuelas Provinciales Agrotécnicas (EPA) N°6 “Puerta Verde”, ubicada en el paraje Miraflores de la localidad de San Pedro y la N°7 “Ing. Ricardo J. Hueda” de Perico, Jujuy. Ambos establecimientos se encuentran en zonas productivas de la provincia, la primera en la zona del Ramal (Valles Cálidos), con producciones relevantes de citrus, caña de azúcar y hortalizas, y la segunda en los Valles Templados con predominancia de tabaco, frutales, flores y hortalizas. El objetivo de este trabajo ha sido concientizar acerca de la importancia de la conservación del suelo y detectar diferentes procesos de degradación, así como analizar prácticas y/o técnicas de remediación y crear espacios de escucha para las propuestas conservacionistas de los jóvenes estudiantes. El planteo de trabajo en un comienzo fue presencial, pero debido al contexto de pandemia, se llevaron a cabo encuentros virtuales y al finalizar las docentes de Manejo del Suelo y Riego de la FCA, organizaron un taller presencial en cada EPA. Los encuentros fueron cinco, donde participaron estudiantes avanzados de cada escuela junto al acompañamiento de sus docentes. Se abordaron las siguientes temáticas: a.- Agroclimatología y Cambio Climático (Cátedra de Agroclimatología, FCA UNJu); b.- Procesos de Degradación I: erosión hídrica y eólica; c.- Procesos de Degradación II: degradación química y cambio de uso del suelo (Cátedra de Manejo del Suelo y Riego, FCA UNJu); d.- Prácticas ganaderas (Cátedra de Producción Animal I, FCA UNJu) y e.- Prácticas de manejo para la conservación del suelo (Docente de la EPA N°7). En los espacios de encuentro presencial, los estudiantes trabajaron de manera grupal y realizaron diferentes propuestas para prevenir y/o mitigar los procesos de degradación que observan en sus entornos. Como resultado se observa que los planteos fueron pertinentes y se ponen de manifiesto conceptos relacionados a la detección de procesos de degradación y técnicas de mitigación y conservación de los suelos. Por asistir a escuelas agrotécnicas, se infería que la mayoría continuaría con estudios y actividades orientadas a la actividad agropecuaria, sin embargo, en ambas EPAs, en general, los estudiantes pensaban seguir otras carreras/trabajos. Este nuevo conocimiento reafirma la necesidad del trabajo con los estudiantes, y se espera ampliarlo, además, a bachilleratos comunes, por cuanto la alfabetización en ciencias de la tierra, con énfasis en la conservación de los suelos, consideraciones sobre cuencas y adaptaciones a cambio climático, son temas que cada día cobran más importancia y vigencia.

Palabras clave: conservación, enseñanza, agrotécnica.





“NUESTRO SUELO”: UNA ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN PARA CONTRIBUIR A LA SUSTENTABILIDAD DEL SUELO

Guglielmone, P.^{1*}, S. Bacigaluppo², F. Salvagiotti²

¹ Estación Experimental Agropecuaria INTA Salta;

² Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros;

* Ruta Nacional 68, km 172, (4403) Cerrillos, Prov. de Salta, Guglielmone.pedro@inta.gob.ar

RESUMEN

El problema de la degradación físico-química y biológica de los suelos en el centro-sur de Santa Fe ha sido ampliamente abordada por el INTA, y si bien en los últimos años se han generado conocimientos y herramientas para el manejo de la fertilidad de los suelos y la fertilización de los cultivos con base científicas, muchas veces no se ve reflejado en su aplicación por parte de muchos decisores de los sistemas de producción. Tomando en cuenta estudios sobre Índices de Aceptabilidad de la tecnología, realizado entre 2014 y 2015, mostró la necesidad de desarrollar un proceso comunicacional para abordar el tema en profundidad, con el objetivo de lograr una mayor adopción de los conocimientos generados. En función de lo anteriormente mencionado, se configuró una Estrategia a partir de la conformación de un equipo de trabajo interdisciplinario, integrando acciones de difusión y comunicación en el marco del enfoque territorial con el cual trabaja el INTA en el sur de Santa Fe. En este marco, se buscó ampliar el espectro de destinatarios de los materiales de difusión que se produjeron, articulando con medios periodísticos y utilizando diversos espacios y redes institucionales relevantes como: página web institucional, canal propio de YouTube, Facebook de INTA Oliveros como de INTA Argentina, Twitter e Instagram.

Palabras clave: estrategia de comunicación, extensión y transferencia, agricultura sostenible, suelos.

Se organizaron jornadas de capacitación para docentes y estudiantes secundarios y universitarios como así también jornadas de debate para profesionales y estudiantes de posgrado, estas últimas registradas y publicadas en el canal de YouTube de INTA Oliveros (Disponible en: <https://youtube.com/playlist?list=PL-FwEav-3J0L74BwJp5e5SxkKhZFycAZKj>).

En cuanto a productos comunicacionales, se diseñaron y planificaron nuevos productos tales como:

INFOGRAFÍAS ANIMADAS

Producción de contenido para comunicar en un lenguaje que pueda ser entendido por un público no especializado, información y resultados científico-técnico.





¿Sabías que nuestra comida viene del aire? Material que explica el proceso mediante el cual se logra la “Fijación Biológica de Nitrógeno”. Disponible en: <https://youtu.be/0N4hkuWywHY>

¿Sabías que hay un universo oculto bajo nuestros pies? Material que describe la interacción que se da entre bacterias, hongos y otros microorganismos, que contribuyen a la formación de la materia orgánica del suelo. Disponible en: <https://youtu.be/-8NWSHgcsic>

¿**Sabés** cómo funciona el suelo bajo nuestros pies? Material que da cuenta de la estructura y los elementos que componen el suelo. Se destacan ciertas prácticas para el cuidado de este recurso. Disponible en: <https://youtu.be/0cVydQI-6Zw>

¿Qué entendemos por **Intensificación Sostenible de la Producción**? Material que describe el proceso de lo que se denomina “Intensificación Sostenible de la Producción”. Disponible en: <https://youtu.be/m6D0Rs-Pxs2w>

FLYERS PARA REDES

Diseño de flyers, basados en las infografías animadas, para así mantener en agenda la temática de suelos en redes sociales.

Estrategia de divulgación en redes sociales locales y nacionales, basada gráficamente en las infografías animadas, que fueron publicadas en el Día Nacional de la Conservación del Suelo como así también en esa semana.



ENTREVISTAS A PRODUCTORES; NOTAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Rescatar la voz de productores del sur de Santa Fe que incluyeron en determinadas prácticas de manejo productivas, ciertos aspectos de la “Intensificación Sostenible de la Producción”).

“Incluyendo cultivos de cobertura, recuperamos algunas hectáreas de campo”. Nota de divulgación donde el productor cuenta los objetivos buscados, como así también las dificultades emergentes, al momento de implantar cultivos de cobertura en campos alquilados. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/incluyendo-cultivos-de-cobertura-recuperamos-algunas-hectareas-de-campo>

“No nos fijamos tanto en el costo sino en la calidad de suelo que podemos lograr” Nota de divulgación en la cual el productor relata su experiencia, tanto en campo propio como alquilado, sobre planificación productiva en torno a cultivos de cobertura. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/no-nos-fijamos-tanto-en-el-costo-sino-en-la-calidad-de-suelo-que-podemos-lograr>

“Con este sistema tenemos raíces vivas trabajando todo el año” Nota de divulgación donde se relata la experiencia de haber insertado ganadería en un campo agrícola por excelencia. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/con-este-sistema-tenemos-raices-vivas-trabajando-todo-el-ano>

“En la carinata, encontramos un cultivo de servicio con renta” Nota de divulgación en la cual se puntualiza sobre las bondades de haber incorporado la brassica carinata en campos alquilados. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/en-la-carinata-encontramos-un-cultivo-de-servicio-con-renta>



CHARLAS Y ENTREVISTAS A TÉCNICOS Y PROFESIONALES

Contribución de raíces y la fijación biológica al nitrógeno en soja. Disponible en: <https://www.facebook.com/watch/?extid=SEO---&v=1413216952177020>

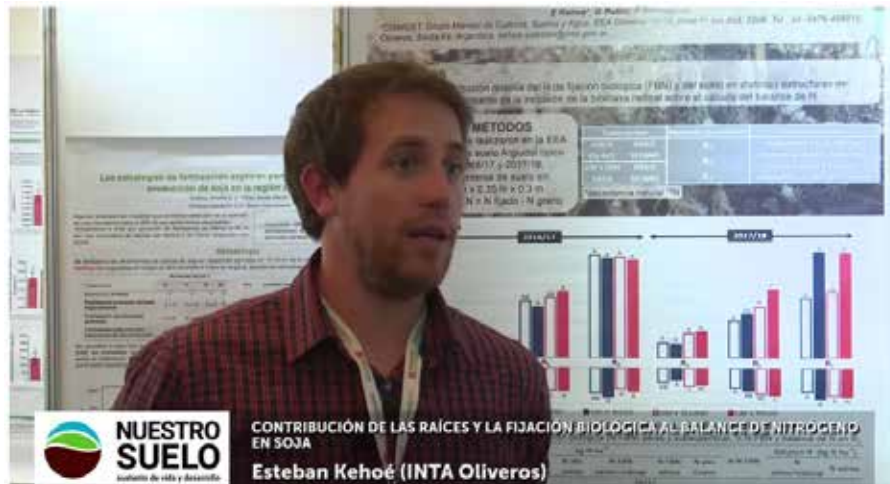
El rol del nitrógeno en sojas de alto rendimiento. Disponible en: <https://www.facebook.com/watch/?v=535318733898988>

¿Cuánto cuesta generar conocimiento para el manejo de los sistemas agropecuarios? Disponible en: <https://youtu.be/z9lFdklVDJk>

¿Cómo recuperar suelos degradados físicamente? Disponible en: <https://youtu.be/t1qIQhz5lhI>

Muestreo de suelo para decidir fertilización en trigo. Disponible en: <https://youtu.be/gtCu-HIZSBg>



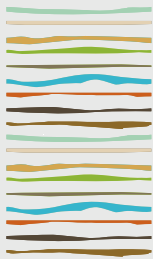


PÁGINA WEB DENTRO DE LA WEB INSTITUCIONAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA)

Sitio web diagramado para docentes, estudiantes, investigadores, productores agropecuarios, profesionales y público en general).

Los suelos en los sistemas de producción agrícola. Sitio de INTA Oliveros donde se ofrecen documentos como: infografías, notas de prensa, mapas de suelos, información de proyectos, libros y manuales, etc.). Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/los-suelos-en-los-sistemas-de-produccion-agricola>





PLAN DE HUERTAS-JARDÍN URBANAS Y ORGÁNICAS EN HOSPITALES VERDES

Kaplanski, M.^{1*}, H.S. Steinbach¹, E. Giardina¹, H. Rimski Korsakov¹

¹ Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

* Contacto: rimski@agro.uba.ar

RESUMEN

Un equipo interdisciplinario compuesto por docentes y estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA) junto con personal profesional (psicólogos, terapeutas ocupacionales, asistentes sociales y psiquiatras) del Hospital de Emergencias Psiquiátricas "Torcuato de Alvear", se encuentra desarrollando el Proyecto de Huerta-Jardín desde agosto del 2019. Dicho proyecto surge como una alternativa terapéutica para pacientes con patologías psiquiátricas, cuya finalidad es consolidar su integración a través de la realización de actividades recreativas y productivas que fomenten el desarrollo de habilidades sociales. Los profesionales del Hospital Alvear consideran a este tipo de práctica como una alternativa terapéutica diferente al tratamiento habitual. Las actividades al aire libre son de por sí saludables y además se aprovecha ese entorno, para intercambiar conocimientos sobre la producción de alimentos y de especies ornamentales. Todas las tareas se realizan aplicando técnicas amigables con el ambiente, promoviendo la reutilización de residuos y el cuidado del suelo. Docentes y estudiantes de la FAUBA aportan conocimientos que, unidos a los de los profesionales del Hospital Alvear, buscan mejorar la calidad de vida y salud psicológica de los pacientes que participan del proyecto. El contacto con realidades sociales muy diversas y el vínculo e intercambio que se realiza con los profesionales del Hospital y los pacientes representa un gran aprendizaje, tanto para los/as estudiantes como para las/los docentes de la FAUBA.

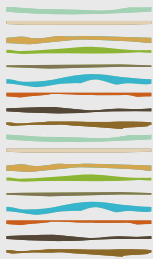
Las actividades se desarrollan en reuniones donde los pacientes realizan tareas productivas y recreativas al aire libre en un clima ameno y armonioso. Las jornadas terminan con el reparto de los productos cosechados entre los participantes de las actividades de ese día. Los pacientes ambulatorios se llevan lo recolectado y los internados pueden compartirlo con los familiares o amigos que van a visitarlos.

Cuando comenzamos con la Huerta, se realizó un muestreo de suelo para conocer las condiciones productivas. Desde ese momento se pudieron armar 10 tablonces que fueron preparados para la siembra o trasplante de diversidad de plantas tanto hortícolas como nativas y ornamentales que aportan gran biodiversidad y estética a la huerta. También se preparó un compost, para mejorar la calidad física y nutricional del suelo de los canteros y para relleno de los contenedores de los plantines.

La Huerta-jardín en sí, genera un ámbito de pertenencia que promueve el afianzamiento de los vínculos interpersonales y la dinámica del trabajo colectivo, propicia el entusiasmo, el involucramiento, el sentido de pertenencia y la camaradería en derredor de un objetivo social en común. La FAUBA logra brindar sus conocimientos a la comunidad, dando visibilidad a través de sus vínculos con los pacientes, los profesionales del Hospital y la sociedad en general.

Palabras clave: extensión universitaria, huerta orgánica, alternativas terapéuticas.





EL SUELO Y SU ENSEÑANZA DESDE UNA PERSPECTIVA DE COMPETENCIAS EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO.

Olmos, G.V.^{1,*}, A. M. Acosta¹, A. Aquino¹, R.D. Biotti¹

¹ Facultad de Ingeniería Química;

Santiago Del Estero 2829, (3000) Santa Fe, Prov. de Santa Fe;

*olmosgra@gmail.com

RESUMEN

Las competencias genéricas son un conjunto de destrezas y conocimientos comunes a todas las carreras universitarias. Se denominan también habilidades transferibles, porque hacen referencia a la formación de un alumno universitario en sentido genérico y deben ser adquiridas independientemente de los estudios que se cursen. Se requiere de la integración del saber ser, el saber conocer y el saber hacer, a su vez cada uno de estos saberes integra procesos, instrumentos y estrategias. En educación superior, la evaluación es la herramienta que permite valorar el nivel de logro de las competencias genéricas actuando además como elemento regulador del aprendizaje. La evaluación de los aprendizajes, cualquiera sea la concepción que la sustente, está sujeta a la capacidad para evaluar justa y equitativamente a grupos numerosos integrados por alumnos diferentes. En este trabajo se presentan dos estudios preliminares realizados en la cátedra Química Vegetal y del Suelo, asignatura del ciclo superior de la Facultad de Ingeniería Química de la UNL. Por un lado se realizó un formulario para que los estudiantes analicen expectativas de logro de ciertas habilidades que surgen de la competencia "Capacidad de aprendizaje". Por otro lado, se indagaron exámenes escritos de esta asignatura con la finalidad de identificar algunas de las Competencias Genéricas, propuestas por Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, implícitas en estos instrumentos de evaluación. Esto se realizó definiendo expectativas de logro de habilidades que surgen de esas competencias. Del análisis surgió que se alcanza una comprensión básica de los contenidos y esto también se observa en las respuestas de los estudiantes. Estas primeras conclusiones constituyen un incentivo para continuar investigando y tratar de encontrar aspectos relevantes de la evaluación utilizada en la asignatura Química Vegetal y del Suelo que permita poner en marcha diversos tipos de estrategias que afiancen los conocimientos de la ciencia del suelo.

Palabras clave: evaluación, habilidades, expectativas de logro

INTRODUCCIÓN

La Educación Basada en Competencias (EBC) representa un reto muy importante para la sociedad de la información y el conocimiento. En este sentido, la calificación profesional ya no es pensada únicamente como saberes o habilidades, sino como la capacidad de actuar, intervenir y decidir en situaciones diferentes. Así, la atención se ha desplazado de las calificaciones a las competencias profesionales. Según, Andrione (2020) las universidades tratan de alcanzar la integridad formativa de los estudiantes para que puedan vincularse con la sociedad y más específicamente con el campo laboral. Esto debe permitirle al estudiante apropiarse de los conocimientos (saber), las habilidades (saber hacer), las aptitudes (poder hacer) y las actitudes (querer hacer) que garanticen las competencias profesionales requeridas para comportarse a la altura de su tiempo (saber ser). Sanmartí (2007) afirma que la evaluación constituye el motor clave del aprendizaje, y es más que sólo calificar. De ella depende tanto qué y cómo se enseña, cómo el qué y el cómo se aprende. Además, sostiene que más importante que evaluar competencias es entender cómo la evaluación ayuda al desarrollo de las competencias. Se trata de realizar una evaluación no sólo del desarrollo de competencias,



sino también para el desarrollo de estas (García Sanz, 2014). Según el Libro Rojo de CONFEDI (2018) las competencias pueden ser: i) Genéricas, que a su vez se clasifican en Competencias tecnológicas y Competencias sociales, políticas y actitudinales y ii) Específicas.

El presente trabajo presenta los resultados de una encuesta realizada a los estudiantes a modo de autoevaluación de su capacidad de aprendizaje utilizando rúbricas y además intentará dar cuenta del análisis de instrumentos de evaluación escrita utilizados en la cátedra Química Vegetal y del Suelo de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral (FIQ-UNL), de modo de identificar alguna de las competencias genéricas definidas por el CONFEDI.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la asignatura Química Vegetal y del Suelo que es una materia del ciclo superior que comparten las carreras de Licenciatura y Profesorado en Química de la Facultad de Ingeniería Química. La competencia "Capacidad de aprendizaje" se analizó en un grupo de estudiantes que cursaron la materia, mediante un formulario de autoevaluación que completaron al finalizar el cursado. En este trabajo, los alumnos tuvieron que considerar la capacidad de análisis y síntesis de la información disponible y reflexionar si son capaces de escoger en función de la calidad, utilidad y posible aplicación de los conocimientos aprendidos a la práctica o a situaciones reales.

En la Tabla 1 se muestran las cuatro expectativas de logro que se consideraron para cada una de las habilidades que analizaron los estudiantes.

Tabla 1. Habilidades y Expectativas de logro analizadas para la competencia "Capacidad de aprendizaje".

Habilidad	Expectativas de logro			
	Ingenuo	Aprobado	Notable	Sobresaliente
I Análisis e identificación de los conceptos básicos de la información.	No comprendés la información. Cometés errores	Interpretás superficialmente la información	Reconocés e interpretás todos los elementos de la información	Buscás relaciones con la información para lograr una comprensión más profunda
II Capacidad de síntesis de la información.	No podés sintetizar la información	Sintetizás la información, pero de forma incompleta	Sintetizás la información adecuadamente	Sintetizás de manera original la información
III Capacidad de transferir los conocimientos teóricos a situaciones nuevas	No relacionás teoría y práctica.	Identificás con dificultad aplicaciones prácticas a los contenidos estudiados.	Realizás correctamente aplicaciones prácticas solo cuando sos evaluado	Proyectás y aplicás siempre los contenidos teóricos sobre la práctica.

Los instrumentos de evaluación, tales como los exámenes que se ven en las asignaturas de la Facultad de Ingeniería Química, en general son acumulativos y periódicos. El examen escrito es el instrumento más utilizado en las materias tanto para promoción por parciales como en los finales y tienden a concentrarse en la información, llevando a que los alumnos se enfoquen demasiado en las respuestas "correctas".

En este trabajo, también se realizó un estudio preliminar utilizando los exámenes escritos elaborados en base a los contenidos desarrollados en las clases teóricas, coloquios, trabajos prácticos y seminarios, pero sin tener en cuenta la evaluación de competencias.

Por lo tanto, estos instrumentos de evaluación fueron analizados de manera de identificar si implícitamente se evaluaron algunas de las Competencias Genéricas propuestas por el CONFEDI. Según el Libro Rojo de CONFEDI (2018) las competencias se clasifican en:



a) Genéricas

Cada institución universitaria, en su marco institucional y del proyecto académico individual determinará para sus carreras, la estrategia de desarrollo para asegurar competencias de egreso genéricas comunes a todas las carreras de ingeniería y necesarias para asegurar el perfil de egreso. Estas competencias son:

• Competencias tecnológicas

1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

• Competencias sociales, políticas y actitudinales

6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
7. Comunicarse con efectividad.
8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
9. Aprender en forma continua y autónoma.
10. Actuar con espíritu emprendedor.

b) Específicas

El plan de estudios debe garantizar el desarrollo de las competencias específicas para las actividades reservadas definidas en la terminal y verificar el cumplimiento, además, de la formación en el proyecto académico de la carrera, de los alcances de título que defina la institución, con la profundidad y calidad propia de un título de ingeniero.

La observación y recopilación de datos se realizó con exámenes finales de un grupo de estudiantes pertenecientes a la cátedra Química Vegetal y del Suelo. A partir de este análisis se lograron identificar las competencias genéricas 1, 4, 5, 7 y 9. En la Tabla 2 se muestran las habilidades que fueron analizadas mediante las expectativas de logro que se clasificaron en sobresaliente, notable, aprobado e ingenuo, para cada una de estas competencias genéricas.

Tabla 2. Habilidades consideradas para cada Competencia Genérica (según el CONFEDI) identificada en los exámenes escritos con sus respectivas expectativas de logro

Habilidad	Expectativa de logro			
	Sobresaliente	Notable	Aprobado	Ingenuo
A-Comprensión de las consignas (Competencia 1)	Analiza con certeza los datos	Interpreta con claridad los datos	Reconoce los datos	No reconoce los datos
B-Estrategias y procedimientos (Competencia 4)	Integra la información con las actividades prácticas, lenguaje académico riguroso	Integra la información con las actividades prácticas, lenguaje académico apropiado	Integra la información con las actividades prácticas, lenguaje académico aceptable	No integra la información a las prácticas, no utiliza lenguaje adecuado
C-Solución a la problemática en las consignas planteadas (Competencia 4)	Utiliza todos los conceptos básicos. Soluciona errores	Utiliza la mayoría de los conceptos básicos. Soluciona algunos errores	Utiliza algunos conocimientos básicos	Utiliza escasos conceptos básicos
D-Relaciona la problemática planteada con su entorno (Competencia 5)	Relaciona e interpele con integridad las problemáticas del entorno	Relaciona con fundamentos las problemáticas del entorno	Relaciona algunas problemáticas del entorno	No relaciona las problemáticas del entorno



E-Comunicación escrita/Comunicación oral (Competencia 7)	Examen ordenado y muy fácil de leer sin errores de ortografía	Examen fácil de leer sin errores de ortografía	Examen ordenado con algunos errores de ortografía	Examen difícil de leer con errores de ortografía
F-Gestión de información (Competencia 9)	Relaciona diferentes fuentes y plantea soluciones	Relaciona diferentes fuentes	Relaciona algunas fuentes	Utiliza solamente la fuente conocida

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los resultados del análisis que hicieron los alumnos de su capacidad de aprendizaje. Se observa que en las tres habilidades aproximadamente el 50 % de los estudiantes se auto percibe con un nivel de logro aprobado y alrededor de un 20 % elige la expectativa de logro notable. Podría decirse que la mayoría de los estudiantes considera que puede reconocer e interpretar los elementos de la información proporcionada, la sintetiza adecuadamente y pueden identificar las aplicaciones prácticas, aunque con ciertas dificultades.

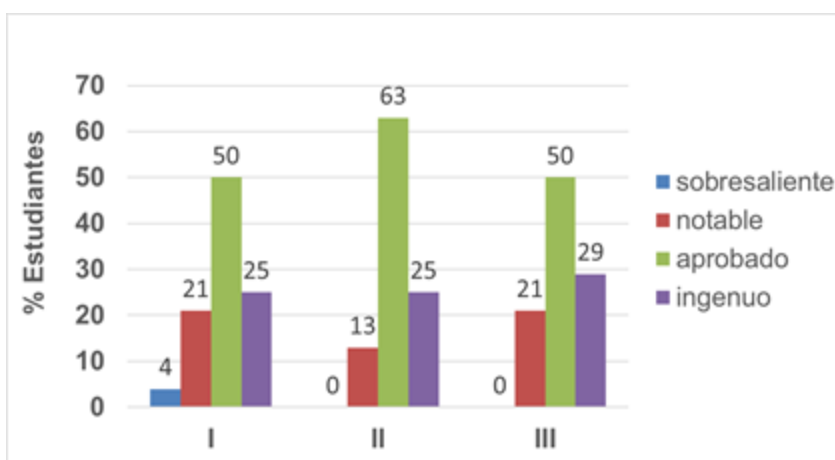


Figura 1. Expectativas de logro analizadas por los estudiantes para cada Habilidad considerada de la competencia "Capacidad de aprendizaje": I) Análisis e identificación de los conceptos básicos de la información, II) Capacidad de síntesis de la información, III) Capacidad de transferir los conocimientos teóricos a situaciones nuevas.

Siguiendo con el análisis realizado con los exámenes escritos, la Figura 2 muestra las Competencias Genéricas identificadas en los instrumentos de evaluación estudiados y las habilidades examinadas para cada competencia con los niveles de logros elegidos para este estudio.

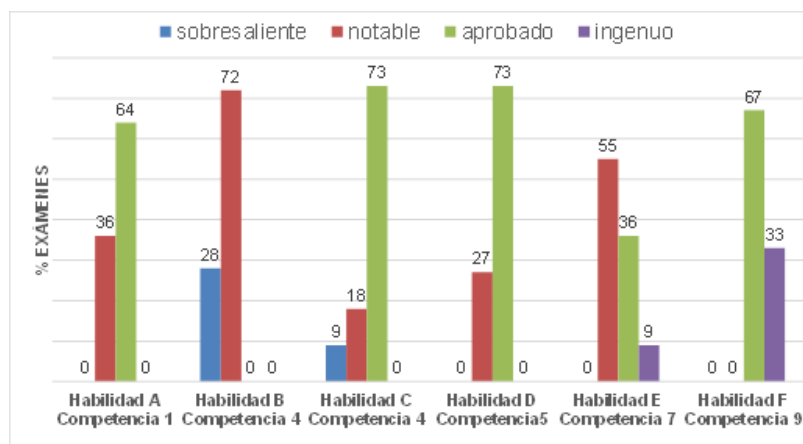


Figura 2. Habilidades según competencias genéricas en la evaluación formativa de la asignatura Química Vegetal y del Suelo del ciclo superior de la FIQ.



En general, los mayores porcentajes se observan en las expectativas de logro de aprobado y notable. Sin embargo, cuando se analiza la comunicación escrita (habilidad E), los exámenes reflejaron textos claros y coherentes con el uso de vocabulario académico. Se observó que la habilidad D, que refiere a la relación de la problemática con el entorno, pudo ser evaluada y está presente en el instrumento. Esto es porque esta asignatura plantea explícitamente la relación de los contenidos conceptuales anclados al contexto o a situaciones problemáticas reales.

La habilidad B (Estrategias y procedimientos) para la competencia "Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la Ingeniería" muestra las mejores expectativas de logro: sobresaliente y notable. A pesar de la prevalencia de las menores expectativas se visualiza que los instrumentos de evaluación utilizados en la cátedra permitirían valorar mejor el nivel de logro de las competencias genéricas. Si bien son diferentes estudios preliminares, se observa que los niveles de logro que alcanzaron mayores porcentajes en los exámenes escritos coinciden con las expectativas de logro de los estudiantes cuando analizaron su capacidad de aprendizaje.

Sería conveniente seguir analizando más instrumentos de evaluación para conocer mejor la tendencia observada, con respecto a los altos porcentajes que se alcanzan para el nivel aprobado. Asimismo, sería muy alentador poder revisar con mayor profundidad la forma de evaluar, de modo de poder incluir aquellas habilidades y competencias que no se manifestaron en los exámenes vistos en este estudio.

CONCLUSIONES

En los exámenes escritos, instrumentos de evaluación más utilizados en las asignaturas que se analizaron en este trabajo, pudieron reconocerse de manera implícita competencias genéricas tecnológicas y competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales propuestas por el CONFEDI para las carreras de Ingeniería. Estos exámenes, que en general se prepararon teniendo en cuenta contenidos desarrollados en las clases teóricas, coloquios, trabajos prácticos y seminarios, pero sin tener en cuenta la evaluación de competencias, reflejan habilidades con bajas expectativas de logro en términos de aprobado.

Se podría inferir, que se alcanza una comprensión básica de los contenidos y esto es reconocido por los propios estudiantes en la apreciación de la capacidad de aprendizaje. De manera tácita, se identifica en estos instrumentos el intento de evaluar competencias que permitan identificar, formular y resolver problemas, utilizar técnicas y procedimientos de manera efectiva, que contribuyan a desarrollos tecnológicos teniendo en cuenta las problemáticas del entorno social. Además, se observa la evaluación de la comunicación escrita sobre la oral y es sumamente auspicioso que se quiera evaluar si el estudiante aprende en forma continua y autónoma.

En base a lo analizado hasta el momento, se reconoce la necesidad de una investigación que dé cuenta de aspectos relevantes de la evaluación utilizada en la asignatura Química Vegetal y del Suelo de la FIQ-UNL. Un relevamiento que permita conocer los diversos tipos de estrategias a la hora de pensar la construcción de los nuevos procesos de evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

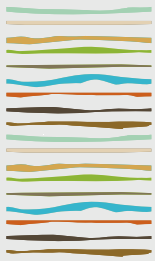
Andrione, D. G. (2020). Desarrollo de competencias específicas de Química de los ingresantes al ciclo básico común de las carreras de grado de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Católica de Córdoba. Universidad Católica de Córdoba. Córdoba http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/2517/1/Fl_Andrioni.pdf.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la República Argentina. Libro Rojo de CONFEDI. Rosario, Argentina: Universidad FASTA Ed. <https://confedi.org.ar/librorojo>.

García Sanz, M.P. (2014). La evaluación de competencias en Educación Superior mediante rúbricas: un caso práctico. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado. <https://revistas.um.es/reifop/issue/view/12801>.

Sanmartí, N (2007). 10 Ideas claves. Evaluar para aprender. Barcelona, España: GRAO.





LOS SUELOS EN LA ENSEÑANZA AGROPECUARIA ARGENTINA: 200 AÑOS DE INSTITUCIONALIDAD

Plencovich, M.C.¹, F.A. Solari¹, L. Vugman¹, C. R. Alvarez¹ y E. A. Ciarlo¹

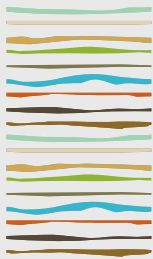
¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía.
Av. San Martín 4453. CABA plencovi@agro.uba.ar

RESUMEN

En 2023 se celebrará el bicentenario de la primera escuela agropecuaria oficial que se creó en el país en el período independentista. Estuvo inscripta en la Universidad de Buenos Aires, creada en 1821 y tuvo una muy fugaz vida, pero sentó el precedente de unos estudios distintos de los generalistas (lecto-escritura y cálculo) de las escuelas elementales. Su creación responde a un hilo conductor que se remonta al primer intento de fomentar la educación agropecuaria en el Río de la Plata a través de la prédica de Manuel Belgrano desde la Secretaría del Consulado de Buenos Aires. Consustanciado del espíritu de los asturianos Gaspar Melchor de Jovellanos (1744-1811) y de Pedro Rodríguez de Campomanes (1723-1802), el prócer propone crear una Escuela Práctica de Agricultores en la Memoria leída el 15 de junio de 1795, titulada Medios generales de fomentar la agricultura, animar la industria, proteger el comercio en un país agricultor. Esta idea la va a retomar después Hipólito Vieytes quien impulsó la enseñanza agrícola a través de las publicaciones realizadas en julio y agosto de 1803 en el Semanario de Agricultura, Industria y Comercio. Sin embargo, a pesar de las propuestas de Belgrano y de Vieytes, la creación de la primera escuela agropecuaria debió esperar muchos años después. Bajo la gobernación de Buenos Aires de Martín Rodríguez, a través de un decreto del 7 de agosto de 1823, se fundó una Escuela de Agricultura Práctica y un Jardín de Aclimatación en la zona de la Recoleta. El decreto que dictó en esa fecha Bernardino Rivadavia, Ministro de Gobierno y Relaciones Exteriores, decía: "Nada es sin duda de mayor importancia a un país cuya población dista tanto de corresponder a la extensión de su territorio, y cuyos productos están aún mucho menos en proporción con la feracidad de su suelo, que el perfeccionar los trabajos y aumentar los conocimientos del arte, que mejora y multiplica los vegetales". Esta comunicación tiene como propósito analizar la inclusión de los suelos como objeto de estudio en la organización de los estudios agronómicos en la Argentina y, en especial, en los estudios superiores conformados a fines del siglo XIX y a principios del XX. Asimismo, dará cuenta de las perspectivas epistemológicas que se utilizaron para su abordaje en un proceso de academización institucional. Proponemos dar inicio en el XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo a la conmemoración de los 200 años de institucionalización de la enseñanza agropecuaria que cerrará el 7 de agosto de 2023.

Palabras clave: enseñanza de suelos, academización, historicidad, perspectivas epistemológicas





APLICACIÓN DE RSTUDIO A LA ENSEÑANZA DE SUELOS

Rack, M.G.^{1,*}, A.I. Galleguillo¹, S.M. Ocampo¹, M.F. Valenzuela¹

¹Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia S.J.B.;

* Ciudad Universitaria Km 4, (9000), Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut. Argentina. monirack16@gmail.com

RESUMEN

En virtud del avance tecnológico sucedido recientemente y la popularización de herramientas informáticas, vemos como necesidad la incorporación de estas nuevas tecnologías en el dictado de las materias de grado. En nuestro caso decidimos implementar el uso de un software gratuito como es Rstudio que cuenta con un paquete específico para tratar datos edafológicos. Este software tiene como resultado un esquema representativo de los perfiles utilizados en la asignatura suelos como objeto de estudio, que permite sintetizar información tanto morfológica, física como química. El esquema obtenido facilita la comprensión por parte de los alumnos y permite una unificación de los datos de interés de los suelos, propiciando a su vez una rápida comparación de perfiles. Si bien actualmente se aplican como una mejora en los prácticos de la materia, en un futuro se implementará el uso del script por parte de los alumnos para crear sus propios gráficos de suelos a partir de los datos que relevan ellos en la salida de campo de la materia, lo cual se traduce en un valor formativo agregado a los estudiantes.

Palabras clave: librerías edafológicas, enseñanza de grado, integración de datos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el empleo de software gratuito y de código abierto en las ciencias de datos ha facilitado la visualización e interpretación de la información generada en los ámbitos académicos. La versatilidad que proponen estos softwares asociados al uso de diferentes librerías, permiten generar gráficos que mejoran sustancialmente la comunicación de los resultados obtenidos.

En vistas al avance tecnológico que ha sucedido en los años recientes se plantea desde el ámbito académico la necesidad de incorporar paulatinamente las tecnologías digitales recientes a la enseñanza actual, de manera tal que los alumnos conozcan las posibilidades que brindan estas nuevas herramientas y se nutran de las mismas. La aplicación de estos softwares permite contar con recursos educativos de bajo costo o gratuitos que generan un notable beneficio social y pedagógico tanto para estudiantes y profesores (Cobo, 2009). En nuestro caso en particular decidimos utilizar Rstudio como software open source, ya que cuenta con librerías específicas para procesar datos edafológicos. Con este programa obtenemos salidas gráficas de perfiles de suelos, los cuales aplicamos en los trabajos prácticos de la asignatura suelos dictada en la carrera de Geología en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Esta materia es una asignatura anual, en la cual en el segundo cuatrimestre se trabajan con ejemplos de perfiles de suelos de diferentes regiones de la Argentina con énfasis en suelos del área de la Patagonia andina y extraandina. La materia se dicta en el siguiente orden: propiedades físicas y morfológicas (incluye práctica de campo), propiedades químicas (con práctica de laboratorio) e integración de conceptos con ejemplos reales, hacia la finalización de la cursada. En esta última etapa es en la que se observa más dificultad a la hora de resolver los prácticos, dado que los alumnos deben incorporar y relacionar conceptos vistos a lo largo del año. Según Cobo (2019) las tecnologías desarrolladas con software libre enriquecen los procesos de aprendizaje, favoreciendo la comprensión de los ejercicios planeados.



MATERIALES Y MÉTODOS

Rstudio es un entorno de desarrollo para el lenguaje de programación R con un enfoque al análisis tanto estadístico como gráfico. El mismo cuenta con librerías base las cuales ofrecen una interfaz para las distintas funcionalidades requeridas, entre estas la manipulación, importación, exploración y visualización de datos mediante tidyverse (Wickham *et al.*, 2019), la facilitación de transferencia de datos desde Excel a R por medio de readxl, (Wickham *et al.*, 2022) y la creación de gráficos complejos a partir del conjunto de datos usando ggplot2 (Wickham *et al.*, 2016) y ggrepel (Slowikowski, 2021). Los datos de interés deben ser dispuestos mediante una tabla Excel como la que se presenta en la Tabla 1 de manera que presente las secuencias de horizontes, límites, profundidades, color de la carta Munsell, textura y estructura. Estos últimos están referidos en código NASIS.

Tabla 1: Datos referidos a los dos perfiles de suelos a utilizar en el ejemplo.

	PERFIL	BASE	TOPE	PROFUNDIDAD	HZ	MX_H	MX_V	MX_C	TEXTURA	ESTRUCTURA
1	PERFIL 1	5	0	5	Oi	10YR	2	1	N/A	N/A
2	PERFIL 1	6,7	5	1,7	Oe	10YR	2	1	N/A	N/A
3	PERFIL 1	17,8	6,7	11,1	A1	10YR	2	2	Fr	GR
4	PERFIL 1	43,2	17,8	25,4	A2	10YR	4	2	Fr	SBK
5	PERFIL 1	73,4	43,2	30,2	Bw	10YR	5	4	Fra	SBK
6	PERFIL 1	89	73,4	15,6	C	10YR	5	3	FraA	MA
7	PERFIL 1	100	89	11	2C2	10YR	5	3	Fra	MA
8	PERFIL 2	7	0	7	Oe	10YR	2	1	N/A	N/A
9	PERFIL 2	13	7	6	A1	10YR	2	1	FrA	SBK
10	PERFIL 2	36	13	23	A2	10YR	2	2	FrA	SBK
11	PERFIL 2	50	36	14	AC	10YR	3	2	FrA	SBK
12	PERFIL 2	90	50	40	C1	10YR	4	3	FrA	MA
13	PERFIL 2	100	90	10	C2	7.5YR	5	6	Fr	MA

Aclaración: La profundidad está expresada en cm. N/A: no aplica

A su vez la librería algorithms for quantitative pedology (AQP) (Beaudette *et al.*, 2022) creada en particular para el tratamiento de datos edafológicos, procesa de manera rápida los datos asociados a perfiles generando salidas gráficas de fácil interpretación y comparación, en base a las características de cada perfil como la profundidad, secuencia de horizontes, espesor y colores de los mismos. Para este último es necesario realizar la conversión de modelo de color HCL (hue, chrome, luminance) a RGB (red, green, blue) y así aplicarlos en estas visualizaciones usando la librería colorspace (Zeileis *et al.*, 2020).

Como se mencionó previamente, la utilización de Rstudio corresponde al entorno computacional de este lenguaje, el cual mediante la escritura en la consola irá brindando resultados a medida que uno ingrese los códigos para cada objetivo. En la figura 1 se observa una captura de pantalla de este entorno, donde la consola se encuentra ubicada del lado izquierdo y del lado derecho se observa la previsualización de los resultados graficados. Para sistematizar el uso de este entorno se generó un script base con el objetivo de obtener réplicas de los esquemas de suelos.



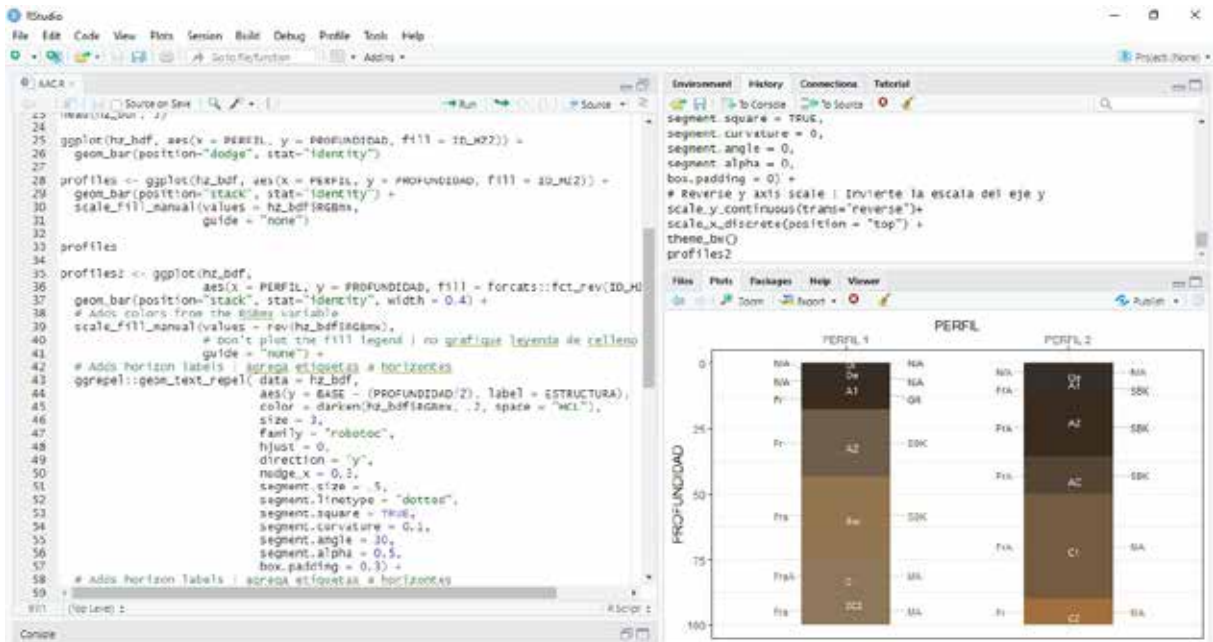


Figura 1: Captura de pantalla del entorno de Rstudio donde se observa del lado izquierdo la consola del mismo y del lado derecho la previsualización de las salidas gráficas generadas.

RESULTADOS

Como resultado final al correr el script base se obtiene el gráfico expuesto en la figura 2. En la tabla 2 se presentan las descripciones actuales que se utilizan en los trabajos prácticos de la cátedra de Suelos de la UNPSJB. Cabe destacar que los perfiles de la figura 2 se crearon a partir de los datos expuestos en la tabla 2. En los gráficos que acompañan la descripción se puede observar de forma clara la profundidad y espesor de cada horizonte, junto con la nomenclatura, textura, estructura y color del mismo, lo cual ayuda en la interpretación de los datos a la hora de realizar el ejercicio práctico.

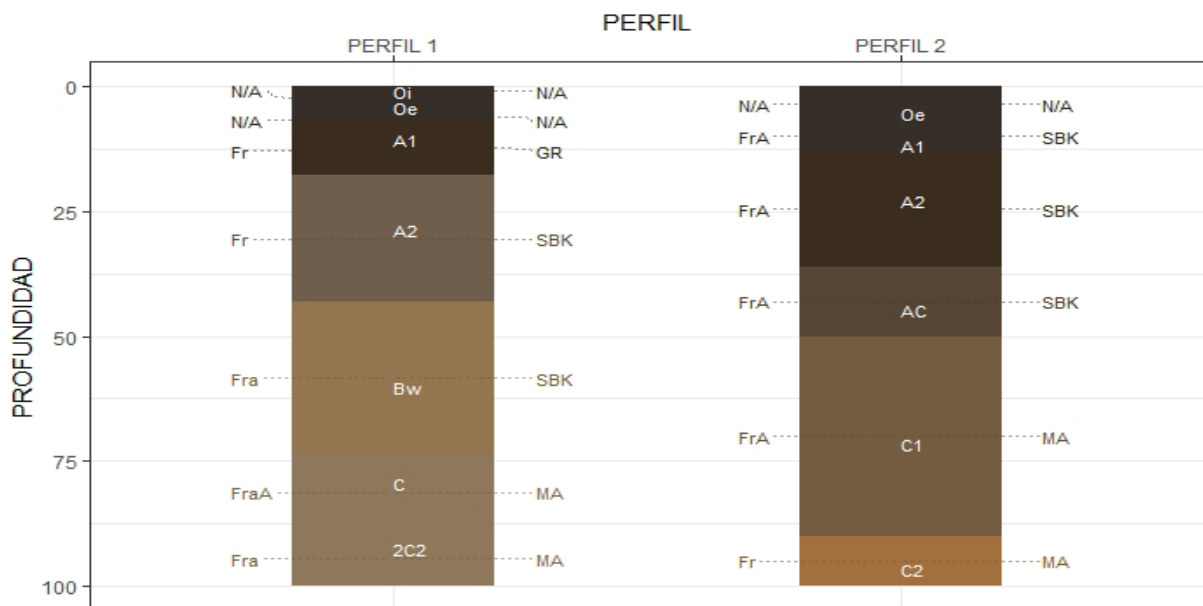


Figura 2: Salida gráfica final de los perfiles utilizados en trabajos prácticos.



Tabla 2: Tabla descriptiva de los perfiles utilizados en trabajos prácticos.

PERFIL 1		PERFIL 2	
HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	HORIZONTE	DESCRIPCIÓN
Oi	(0-6,7 cm); Cubierta forestal.	Oe	(7-0 cm); negro (10YR 2/1) en húmedo; restos vegetales, parcialmente descompuestos; límite abrupto y suave.
Oe	(5-7,6 cm); Capa de humus descompuesta.	A1	(0-13 cm); negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arenoso, bloques subangulares finos moderados; friable; moderadas raíces; límite claro y suave.
A1	(7,6-17,8 cm); Textura franca; color pardo muy oscuro (10YR 2/2); estructura granular moderada media; blando, muy friable, poco adhesivo, no plástico; raíces comunes; límite claro ondulado.	A2	(13-36 cm); pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco arenoso; bloques subangulares medios moderados; friable; moderadas raíces, límite claro y ondulado.
A2	(17,8-43,2 cm); Textura franca pedregosa; color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); estructura en bloques subangulares moderado finos y medios; blando, muy friable, poco adhesivo, no plástico; raíces comunes; límite gradual ondulado.	AC	(36-50 cm); pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro (10YR 3/2,5); franco arenoso, bloques angulares medios gruesos; friable; muy frecuentes raíces; límite claro y suave.
Bw	(43,2-73,4 cm); Textura franco arcillosa pedregosa; color pardo amarillento (10YR 5/4); estructura en bloques subangulares finos a medios; poco duro, firmes, poco adhesivo, poco plástico; límite gradual ondulado.	C1	(50-90 cm); pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arenoso, masiva con tendencia a bloques angulares; friable; muy frecuentes raíces; límite abrupto y suave.
C	(73,4-89 cm); Textura franco arcilloarenosa muy pedregosa; color pardo (10YR 5/3) en húmedo; masivo; muy duro, muy firme, poco adhesivo, poco plástico; pocas raíces; límite gradual ondulado.	C2	(90-100 cm); pardo fuerte (7,5YR 5/6), pardo oscuro a pardo (7,5YR 4/4); franco, masiva; firme a extremadamente firme; frecuentes raíces.
2C2	(89+ cm); Textura franco arcillosa extremadamente pedregosa; color pardo (10YR 5/3) en seco y pardo oscuro en húmedo (10YR 4/3); masivo; duro, friable, poco adhesivo, poco plástico.		

CONCLUSIONES

La ventaja con la que cuenta Rstudio es la libertad de ejecutar el programa, libertad para modificarlo y libertad para redistribuir el mismo. En particular cuenta con paquetes creados en forma específica para el estudio de los suelos. De esta manera, como docentes generamos y personalizamos un script base que se puede reproducir infinidad de veces, por lo que solo se necesita una tabla Excel con los datos pertinentes para obtener la representación esquemática del perfil que se desee.

Además del uso de Rstudio como recurso pedagógico, a nivel académico nos brinda la posibilidad de armar una base de datos propios en la cátedra utilizando solo una tabla Excel y también permite sistematizar la representación esquemática de los perfiles de suelos.

A futuro el script base será utilizado con los alumnos en el laboratorio de geoinformática con la que cuenta la carrera de geología en la UNPSJB, de manera tal que los datos que ellos recopilan en la salida de campo de la materia los vuelquen en la planilla excel y mediante el uso del script obtengan la salida gráfica deseada. Estos esquemas serán parte de la descripción del perfil integrando el informe final de campo que elaboran en forma individual los alumnos.

BIBLIOGRAFÍA

- Beaudette, D.; Roudier, P. & Brown, A. 2022. AQP: Algorithms for Quantitative Pedology. R package versión 1.42. <https://CRAN.R-project.org/package=aqp>. Fecha de consulta: 21/09/2022
- Cobo, J. C. 2009. Conocimiento, creatividad y software libre: una oportunidad para la educación en la sociedad actual. <https://www.uoc.edu/uocpapers/8/dt/esp/cobo.pdf>. Fecha de consulta: 21/09/2022.
- Slowikowski, K. 2021. ggrepel: Automatically Position. Non-Overlapping Text Labels with 'ggplot2'. R package versión 0.9.1. <https://>



CRAN.R-project.org/package=ggrepel. Fecha de consulta: 21/09/2022

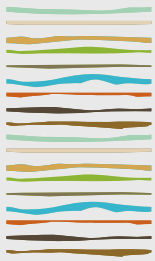
Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4. <https://ggplot2.tidyverse.org>. Fecha de consulta: 21/09/2022

Wickham, H.; Averick, M.; Bryan, J.; Chang, W.; D'Agostino McGowan, L.; François, R.; Golemund, G.; Hayes, A.; Henry, L.; Hester, L.; Hester, M.; Pedersen, L.P.; Miller, E.; Bache, S.M.; Müller, K.; Ooms, J.; Robinson, D.; Seidel, D.P.; Spinu, V.; Takahashi, K.; Vaughan, D.; Wilke, C.; Woo, K. & Yutani, H. 2019. Welcome to the tidyverse. Journal of Open Source Software. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>. Fecha de consulta: 21/09/2022

Wickham, H. & Bryan, J. 2022. readxl: Read Excel Files. R package versión 1.4.0. <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>. Fecha de consulta: 21/09/2022

Zeileis, A.; Fisher, J.C.; Hornik, K.; Ihaka, R.; McWhite C.D.; Murrell, P.; Stauffer, R. & Wilke C.O. 2020. Colorspace: A Toolbox for Manipulating and Assessing Colors and Palettes. Journal of Statistical Software. <https://doi.org/10.18637/jss.v096.i01>. Fecha de consulta: 21/09/2022





PROJETO EM DESENVOLVIMENTO EM HORTAS URBANAS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE- RS, BRASIL

SANTOS, W. A^{1*}, NASCIMENTO, P. C ¹, DUARTE, T. S.²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Depto. de Ciências do Solo da Faculdade de Agronomia, AV. Bento Gonçalves 7712- Porto Alegre- RS- Brasil.

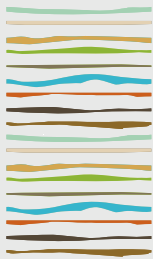
*Mestrando em Ciência do solo –wendyysonn@hotmail.com

RESUMO

As hortas Urbanas vêm ganhando bastante destaque nos últimos tempos nos grandes centros urbanos, graças aos incentivos promovidos por políticas públicas internacionais de ordem, nacional e locais, assim como de entidades privadas e organização sem fins lucrativos. A criação de hortas urbanas nas cidades, vem oportunizando pessoas que perpassam por sérias condições de vulnerabilidade socioeconômica, dando-lhes oportunidade de ter um trabalho, uma renda, produzir alimentos para subsistência e, ainda, produzir alimentos saudáveis, contribuindo com o desenvolvimento sustentável das cidades. O objetivo da pesquisa é avaliar os saberes e conhecimentos dos produtores utilizando a ferramenta etnopedológica, e, entender a sua relação com agroecologia e, estudar os atributos da qualidade do solo, comparando solos agrícolas com o da floresta. A pesquisa se encontra em fase de levantamentos de dados referenciais e, que já foram escolhidas duas hortas urbanas na região da cidade de Porto Alegre- RS, para o estudo. A metodologia para poder entender os saberes e conhecimentos dos produtores será avaliada por meio da ferramenta etnopedológica, donde, será aberta uma trincheira para avaliação visual do perfil do solo, para entender as percepções e termos locais usados pelos produtores. Será utilizado questionários semiestruturados, perguntas orais, observações de práticas adotadas por eles. Então, nesses questionários serão abordados tópicos, tais como: dificuldades encontradas, números de trabalhadores, o porquê são produtores urbanos, apoio de alguma entidade, como surgiu a ideia das hortas urbanas, a relação dos produtores com agroecologia. Para a qualidade do solo pretendemos avaliar alguns atributos físicos e químicos, tais como: fazer uma leitura visual da paisagem e do solo, avaliar complexo sortivo, densidade, micro e macro porosidade, teor de carbono orgânico total, fracionamento físico do carbono, tendo o intuito demonstrar a diferença desses atributos entre a unidade agrícola produtora de alimentos, com a mata nativa. Vale salientar que os dados para essa pesquisa partiram de buscas em plataformas nacionais e internacionais e, que foram utilizadas palavras chaves. Os resultados das análises dos artigos, livros, teses consultadas da pesquisa do referencial teórico que abordarão o entendimento e saberes dos produtores demonstram relevância positivas com o pensamento dos autores do embasamento teórico, se equivalem a estudos parecidos, mas com objetivos de análises distintas. Em relação ao levantamento de dados teórico científico sobre a agroecologia, foi analisados artigos científicos, havendo uma correlação com o pensamentos dos autores, sobre a produção de alimentos de forma sustentável e economicamente viável, contribuindo para produção de alimentos livres de agrotóxicos, em um modelo produção sustentável, oportunizando aos trabalhadores ou comunidade envolvida a ter uma renda, trabalho, segurança alimentar, espaços de convívio e troca de saberes e experiências. Sobre a qualidade do solo os dados levantados de artigos, livros e tese, demonstraram que a atividade agrícola modificou a paisagem e as características do solo pela ação antrópica, diferenciando do ambiente nativo original. Enfim, em todas as formas analisadas na proposta nesse projeto, houve uma forte aproximação entre os pensamentos dos autores, estimulando estudos e análises dos produtores e a qualidade do solo, nas hortas urbanas.

Palabras clave: agricultura urbana, agroecologia, etnopedologia.





PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE Y PRÁCTICA EDUCATIVA COMUNITARIA A PARTIR DE “TALLERES DE COMPOSTAJE”

Sokolowski, A.C.^{1*}, S.P. Debelis¹, J.E. Wolski¹, I. Paladino^{1,2}, B. Prack Mc Cormick¹;
F. Rodríguez Blanco¹, M.B. Barrios¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora;

* Ruta N°4 y Juan XXIII, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires, soko576@hotmail.com.

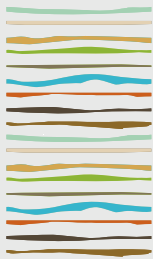
² INTA.

RESUMEN

En la formación de profesionales del agro es importante adquirir un espíritu científico, tecnológico así como solidario y comprometido con la conservación de los recursos naturales, el ambiente y la sociedad. En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, “una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás”. El acuerdo, posee 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que permiten orientar proyectos de sostenibilidad y entender que las acciones diarias pueden tener un propósito global, siendo una temática fundamental el manejo de los residuos. En los últimos años el aumento poblacional y de consumo, incrementó la generación de residuos a nivel mundial. El 50 % de los residuos domiciliarios es orgánico y puede transformarse mediante el compostaje en una enmienda útil para el suelo. La escuela por su función social, tiene gran injerencia sobre los hábitos de los estudiantes. Desde dicha institución, es importante motivar y concientizar sobre el cuidado del medio ambiente, 3 R, compostaje y la vida del suelo. La universidad puede actuar de mediadora en un proceso de intervención en el medio de carácter educativo y transformador y, enlazar actividades de docencia y extensión integrando distintos niveles educativos. Uno de los desafíos actuales en el aula es generar interés en los estudiantes que redunde en la formación de habilidades, en el saber (cognoscitivo), en el hacer (procedimental) y en la actitud (actitudinal). La Práctica Comunitaria, como una forma de extensión es un espacio de aprendizaje donde se pone en juego saberes y actitudes para abordar diferentes situaciones de intervención social que propicien el contacto solidario de los estudiantes con la realidad. En este sentido, desde el área de suelos se realizó un proyecto de compostaje en diversas instituciones educativas y productivas, con el objetivo de integrar aspectos teóricos y prácticos, transferir conocimientos en forma bidireccional con la comunidad para resolver problemas reales. Participaron a lo largo de los dos años del proyecto 22 docentes, 5 no-docentes y 26 estudiantes de la FCA-UNLZ que se capacitaron en el tema de 3 R, compostaje y biología de suelos. Posteriormente se dictaron 23 talleres de compostaje con el armado de composteras en las diferentes instituciones. Las composteras fueron de madera, con aireación pasiva, con dos o tres módulos y se pre-armaron entre docentes y estudiantes en jornadas de trabajo en la FCA. Durante estas prácticas comunitarias, se pudieron interrelacionar conocimientos previos y sumar nuevos. Asimismo, al concurrir a las instituciones destinatarias, los estudiantes pudieron interactuar con productores, docentes y otros estudiantes y aplicar los conocimientos adquiridos demostrando sus habilidades y enfoques personales. Con esta metodología de enseñanza-aprendizaje aplicada, los estudiantes establecen una estrecha relación entre lo teórico y lo práctico, integran conocimientos, y logran transmitirlos en pos de solucionar problemas comunes, al mismo tiempo que se favorece la formación integral de los futuros ingenieros a través de su participación en una actividad de extensión.

Palabras clave: compostaje, ambiente, práctica comunitaria.





RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR LA SECCIÓN DE ENSEÑANZA DEL SUELO Y CONCIENCIACIÓN CIUDADANA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO PARA EL CONOCIMIENTO DEL SUELO Y SUS PROPIEDADES.

ACTIVIDADES SECCIÓN DE ENSEÑANZA DEL SUELO. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO

Lull, C.¹, M.D. Soriano^{2*}

¹ Departamento de Química, Escuela Politécnica Superior de Gandía, C/ Paranimf 1, 46730 Grao de Gandía, Valencia, (España).

² Departamento de Producción Vegetal, Universitat Politècnica de València, Cami de Vera s/n 46022 Valencia (España);

* asoriano@prv.upv.es

RESUMEN

La Sección de Enseñanza del Suelo y Concienciación Ciudadana de la SECS viene desarrollando durante los últimos años actividades en los distintos niveles educativos, entre ellas, la creación de distintos juegos y actividades para mejorar los conocimientos sobre suelos y minerales desde tempranas edades. Para divulgar los distintos temas mencionados se han organizado concursos de dibujos con escolares, con estudiantes de primaria y secundaria, en el marco de la celebración del Día Mundial del Suelo, así como jornadas temáticas sobre diferentes aspectos relacionados con los suelos (biodiversidad, salinidad, erosión, contaminación). También se han incluido entre las actividades jornadas de campo para dar a conocer los suelos dedicados al cultivo de viñas en el territorio valenciano, o jornadas para el estudio de la erosión, infiltración y erosión de suelos. Se elaboró una App *Clima-Eda*, una plataforma donde se sitúan perfiles de suelo con su localización, que sirvió para realizar un concurso de perfiles de suelo internacional y facilitó el conocimiento de suelos representativos de diferentes ambientes en edafología.

Palabras clave: educación, ciencia del suelo.

INTRODUCCIÓN

La Sección de Enseñanza de la Sociedad Española de la Ciencia del suelo, considera necesario el hecho de ofertar materias con contenidos en ciencias del suelo en los estudios de Primaria y Secundaria, así como en las Titulaciones Universitarias.

Actualmente los conocimientos sobre el suelo no se aportan en enseñanzas medias ni tampoco en bachillerato excepto en la asignatura optativa de Geología, donde se incluye un tema sobre el suelo y los horizontes. En las titulaciones superiores, la Edafología sólo se imparte en las Titulaciones de Ciencias Ambientales, Agronomía y Ciencias Biológicas, siendo en algunos casos asignaturas optativas. Por ello, es necesario introducir conocimientos sobre el suelo en los niveles más bajos y se precisa motivar al alumnado con actividades relacionadas con el suelo. Por este motivo la Sección de Educación de la SECS viene realizando en los últimos años diversas actividades para alcanzar esta meta que se comentan a continuación.

Actividades desarrolladas

Desde el año 2018 se está llevando a cabo el concurso de dibujos del alumnado, siguiendo la temática indicada por la FAO para la celebración del día del suelo (contaminación, biodiversidad, erosión y salinización del suelo).





Figura 1: Concurso de dibujo con escolares.

Los concursos son ya clásicos en esta sección tanto de escolares de primaria y secundaria. “Desafío contra la salinidad de suelos”, organizado en el marco de la celebración del Día del suelo. En el año 2021 el lema de este día fue “Mantengamos suelos aptos para el desarrollo vegetal”, donde como en otros años participaron un gran número de colegios a nivel nacional, otorgando numerosos premios entre los concursantes de los distintos niveles de primaria y secundaria.



Figura 2: Concurso dibujo con alumnos de bachiller

Durante estos años también se realizaron conferencias como *Utilización de sensores en el suelo* a cargo de D. Josep Linares de la Universidad Politécnica de Gandia (Valencia) o sobre *Manejo del agua en zonas amenazadas por salinización* a cargo de D. Fernando Visconti y sobre *Nitrificación de suelos* por D. Jose Miguel de Paz ambos investigadores pertenecientes al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.

Otra de las actividades relacionadas con los temas tratados se realizó en febrero de 2020 celebrando una jornada de exposición y manejo de instrumentos y métodos de medida de erosión, con la participación del alumnado y profesorado de la ETSIAMN, donde se expusieron instrumentos y posters explicativos de las distintas metodologías para medir la erosión en suelos. Ya en el año 2022 se ha realizado una *Jornada de campo sobre medidas de infiltración, usando infiltrómetros de disco, y de doble anillo, sobre diferentes superficies y tratamientos; Medidas de humedad y CO₂ usando sensores de humedad y captadores de CO₂ en diferentes condiciones, así como medidas de infiltración y simulación de lluvia*. La actividad se organizó para estudiantes del Grado de Ingeniería Forestal y de Medio Rural de la Universidad Politécnica de Valencia.



Figura 3: Jornada sobre instrumentos para medir la erosión del suelo

Durante el año 2021 el objetivo de las diferentes actividades realizadas por la Sección de Enseñanza del Suelo y Concienciación Ciudadana de la SECS desarrolladas en los distintos niveles educativos consistieron en dar a conocer el papel de los suelos, diseñando actividades para ampliar el conocimiento de los suelos en los estudiantes e inculcando la idea de conservar y proteger los suelos. Entre las actividades desarrolladas en estos años se realizaron talleres que incluyeron un *breakout de suelos* y *Quien es quien en minerales?*, actividades desarrolladas con alumnos de primer curso del Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, y del Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural y de Ciencias Ambientales de la Universitat Politècnica de València (UPV) y también en la Facultad de Agraria de Salerno, visita realizada con la ayuda de una estancia Erasmus concedida a las profesoras Cristina Lull y María Desamparados Soriano.

Dentro de los talleres de aplicación se ha realizado en el IES Bernat de Sarria de Benidorm el taller de vermicompostaje con niños de la ESO. En el que se enseña a los niños la necesidad de reciclar los residuos por vermicompostaje desarrollando esta actividad junto con el grupo de vermicompostaje de la Universitat Politècnica de Valencia. Durante dicha actividad los alumnos aprendieron a preparar lechos para las lombrices en mezclas adecuadas para su desarrollo, y monitorizando variables edáficas como contenido en agua y temperatura del sustrato. Los vermicompost obtenidos se aplicaron posteriormente al desarrollo vegetal en una segunda fase donde los niños confirmaron la gran utilidad de estos sustratos sobre las plantas. Numerosas actividades entre ellas el paseo por los suelos vinícolas en la provincia de Valencia, que sólo se pudo realizar con un pequeño número de asistentes debido al COVID.

Se construyó una aplicación para móvil que sirve para fotografías perfiles que se sitúan en un mapa que se encuentra a nivel público. En el año 2020 se realizó un concurso de perfiles de suelos utilizando la App donde se entregó un premio nacional y otro internacional que enriqueció la App clima-eda.

La Sección de Enseñanza del Suelo y Concienciación Ciudadana de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS) en los últimos años ha organizado Jornadas nacionales para concienciar sobre la importancia de preservar a los suelos en estos diferentes aspectos.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO
SECCIÓN DE ENSEÑANZA DEL SUELO Y SEGURIDAD PÚBLICA

«Breakout» educativo para la enseñanza de la Edafología

28/10/2019

La Sección de Enseñanza del Suelo y Seguridad Pública por el profesor Vicente Pons de la Universidad de Valencia ha preparado un «breakout», educativo para alumnos universitarios. El primer breakout ha sido probado con alumnos del Grado en Ciencias Ambientales de la Escuela Politécnica Superior de Sanisid en el marco de los estudios de Edafología que se imparten en la asignatura Medio físico.

03/11/2019

Las profesoras Amparo Sotelo y Cristina Lull de la Universidad Politécnica de Valencia y miembros de la SECS visitaron la Universidad de Saboya (Francia).

Breakout3 Earthing English



Figura 4: Experiencia de breakout de suelos

Desde el año 2018 se organizan conferencias que han tratado temas como *Características de los suelos Valencianos* a cargo de D. Juan Sánchez Díaz, profesor de Edafología de la Universitat de Valencia y creador de números libros entre los que destacan *Suelos Forestales de la provincia de Valencia* y director junto a Jose Rubio de los estudios de suelos del proyecto LUCDEME realizados en Valencia. La conferencia *Contaminación de suelos* fue impartida por el Dr. Rafael Boluda, Catedrático de Edafología y miembro de la SECS especialista en contaminación del suelo y transformación de residuos, y D. Vicente Pons profesor de la Facultad de Farmacia que trato el tema de variabilidad climática. El año siguiente la conferencia sobre el tema de biodiversidad la conferencia corrió a cargo del Dr. Luis Roca profesor de Edafología y especialista en biodiversidad en suelos y residuos.

Aplicación perfiles suelos

La App para Android **SuelosApp 1.0.1** (beta) puede descargarse haciendo clic en el logo

Imagen de inicio de la aplicación SuelosApp

Plataforma

JORNADA DE SUELOS DE VIÑA EN REQUENA-UTIEL

Actividad enmarcada dentro de las actividades de la Sección de Enseñanza del Suelo y Seguridad Pública de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Colabora en la Jornada el Dr. Rafael Boluda Hernández.

Cristina Lull Noguera y María Desamparados Soriano Soto,
Presidenta y Secretaria de la Sección de Enseñanza del Suelo y Seguridad Pública,
Rafael Boluda Hernández,
Catedrático de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Valencia.

La Sección de Enseñanza del Suelo y Seguridad Pública de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo realizará una jornada de campo en la que se visitarán varios perfiles de suelos localizados en la zona vitivinícola de la comarca valenciana de Requena-Utiel.

En la visita guiada se expondrán las características de los perfiles de suelos representativos de suelos de viña, describiendo sus propiedades físicas, químicas y mineralógicas.

Los organizadores animan a todos aquellos investigadores, docentes y alumnado de Agronomía y en especial estudiantes de Edafología y de Viticultura a participar en la jornada. Nuestra intención es conseguir unir campo con aula, observando in situ los conocimientos adquiridos por el alumnado en las aulas.

La jornada fomentará el intercambio de ideas, así como será un marco de encuentro de jóvenes investigadores relacionados con el tema de la visita de campo. Dada la limitación actual por el COVID-19 se ofertan 12 plazas, no obstante, si despierta interés la actividad se repetirá en sucesivas ediciones y periodos.

La jornada se llevará a cabo el 27 de octubre.

Inscripciones: edafoeduca@upv.es

Figura 5: Jornada de suelos de la vid y App Clima-eda

En el año 2019 la temática fue *La erosión del suelo*, cargo de D. Adolfo Calvo especialista en erosión del suelo y profesor de la Facultad de geografía, área Geografía Física, y en el año 2020, y este último año se celebró el Día Mundial del Suelo 2022 con el tema, “*Salinización del suelo*” a cargo de D. Jorge Battle profesor de la Universitat de Valencia y presidente de la Sociedad de Suelos Salinos cuya campaña “*Detener la salinización de los suelos, aumentar su productividad*” tiene como objetivo crear conciencia sobre la importancia de mantener ecosistemas saludables y luchar contra la salinización, alentando a todas las sociedades a comprometerse a mejorar la salud del suelo. El experto en su conferencia disertó sobre las causas y problemas de salinidad en los suelos, dando a conocer la implicación de la FAO en la solución de dichos temas y en el problema de salinización como una de las vías de investigación prioritarias en la ciencia del suelo.

En el Día Mundial del Suelo 2020, con el lema “*Mantengamos el suelo vivo: protejamos la biodiversidad del suelo*”, las Secciones de Biología del Suelo y Enseñanza del Suelo y Concienciación Ciudadana de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS) organizaron una Jornada internacional online, “*La biodiversidad del suelo: fuente de vida del planeta tierra*”, que a su vez se enmarca dentro de las actividades organizadas por la *Sociedad Latino Americana de la Ciencia del Suelo (SLCS)-UNIDA*, tuvo lugar el día 4 de diciembre. Fue presidido por el Dr. Jorge Mataix Solera, presidente de la SECS, quien, presentó las nuevas ediciones del cómic “*Vivir en el suelo*” en polaco (Chrońmy Gleby) y en chino (生活在土壤) promovidas por nuestra compañera la Dra. Montserrat Diaz Raviña (IIAG-CSIC), coordinadora de estos proyectos.

La Jornada contó con la conferencia del profesor de investigación CEBAS-CSIC Dr. Carlos García Izquierdo con la conferencia “*Cuidar el suelo es cuidar la vida*”. y del papel clave del suelo para la vida y por tanto para el medio ambiente, de la preocupación por la salud del suelo, de la complejidad de definir la calidad de un suelo, de parámetros biológicos y bioquímicos como indicadores de la calidad del suelo y de distintas técnicas para el estudio de la biodiversidad microbiana como la medida de los PLFAs, metagenómica, metatranscriptómica, metaproteómica y meta-metabólica. También insistió en la necesidad de conocer los efectos del cambio climático sobre los suelos y del gran papel de los suelos para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Abordó la hoja de ruta de la Comisión Europea para la nueva estrategia de la UE para la protección del suelo y la importancia del suelo para el Pacto Verde Europeo. Indicó instrumentos en la UE relacionados con la protección del suelo como “*Caring for Soil is Caring for Life*”, la Convocatoria Green Deal (perteneciente a Horizonte 2020) y la nueva herramienta EJP SOIL para crear un entorno propicio para mejorar la contribución de los suelos agrícolas a desafíos sociales clave, como la adaptación y mitigación del cambio climático, la producción agrícola sostenible, etc.

La conferencia, “*Usos de suelo y comunidades microbianas en la provincia de Carchi (Ecuador)*”, fue impartida por el profesor Dr. Luis Roca Pérez de la Universitat de València. Explicando cómo la composición de las comunidades microbianas del suelo se ven afectadas por diversos factores, entre ellos los derivados de la acción antrópica, cambios de uso y cultivos, los cuales pueden conducir a una pérdida de la biodiversidad derivadas de la alteración de algunas de las propiedades del suelo.

Por último el profesor de biología Dr. Nicolás Lucas Domínguez compartió unas reflexiones sobre la génesis y evolución del proyecto interdisciplinar de educación ambiental “*After the Fire*”, realizado con alumnado de Enseñanza Secundaria (IES A Pontepedriña, Santiago de Compostela). Y para finalizar, la Dra. Montserrat Diaz Raviña, Investigadora Científica del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC) y presidenta de la Sección de Biología de la SECS impartió la charla “*Innovación de recursos didácticos en la enseñanza del suelo como sistema vivo*”. En el año 2000, el Consello da Cultura Galega publicó, en gallego, el cómic “*Vivir no solo*”, con el objetivo de dar conocer, entre los más jóvenes, de una forma atractiva y novedosa, la importancia del suelo y la necesidad de protegerlo. Los protagonistas del cómic (el caracol, el topo y la lombriz que viven en el suelo y un grupo de jóvenes) nos van mostrando todos los aspectos de suelo como sistema vivo (concepto, formación, componentes, funciones, amenazas, degradación y recuperación de su calidad), con el fin de resolver un conflicto surgido en un pueblo relacionado con la gestión del suelo. Durante el periodo 2015-2020 se adapta y edita en varios idiomas para su divulgación a nivel nacional e internacional.

En esta línea, se dio a conocer la labor de otros docentes implicados en esta motivación educativa por la



ciencia del suelo que se recogen en la página web de **edafeduca**, entre los que se muestran el comic **Biodiversidad** (C. Llull), los proyectos de **Aprendizaje Servicio** y realización de prácticas de laboratorio relacionadas con el **análisis del suelo** del IES Miguel Catalán (Coslada), el **mercadillo suelos y ecología** impulsado por el Dr. Josep Llinares de la Escuela Politécnica Superior de Gandía de la Universidad Politécnica de Valencia, el folleto divulgativo **Vermicompostaje** impulsado por miembros de la Sociedad de la Ciencia del suelo (C. Lull, y MD. Soriano) en colaboración con el IES Bernat de Sarria de Benidorm (Laura García-España). Y en el ámbito internacional, las actividades con perfiles de suelos realizadas por Carlos Ivan Bonilla Pascuas, docente de ciencias naturales de Fómeque del departamento de Cundinamarca en Colombia con sus estudiantes de 2º de bachillerato, y con niños de edades entre los 11 y 13 años.



Figura 6: Experiencia de vermicompostaje con escolares

La Sección de Enseñanza del Suelo y Concienciación Ciudadana intenta recopilar y proporcionar material educativo para profesores y estudiantes escolares para ser utilizado tanto en las aulas como fuera de ellas. En la página web **edafeduca.es** están disponibles los recursos docentes recopilados.

Los enlaces a las presentaciones de las conferencias y el video de la Jornada están disponibles en la página web de la SECS:

-Conferencia "Cuidar el suelo es cuidar la vida" C García-Izquierdo (CEBAS-CSIC). <https://www.secs.com.es/wp-content/uploads/2020/12/Carlos-Garcia-DMS-2020.pdf>

-Conferencia "After the fire, un proyecto interdisciplinar en el contexto del Día Mundial del Suelo", N Lucas Domínguez (IES-Pontepedriña). https://www.secs.com.es/wp-content/uploads/2020/12/WSD-2020_Jornadas-Diversidad-Despois-do-Lume.pdf

-Conferencia "Innovación de recursos didácticos en la enseñanza" por la Dra. Montserrat Díaz Raviña (IIAG-CSIC). <https://www.secs.com.es/wp-content/uploads/2020/12/M-Di%CC%81az-Ravin%CC%83a-DMS-2020.pdf>

- Video de la jornada: https://www.youtube.com/watch?v=dO_xsCodZuQ



Actas Tomo 4

XXVIII CACS

15 al 18 de noviembre de 2022

Buenos Aires – Argentina

www.congreso2022.suelos.org.ar

ISBN 978-987-48396-7-1



9 789874 839671