

**XXVIII**  
**Congreso**  
**Argentino**  
**de la Ciencia**  
**del Suelo**

**Buenos Aires 2022**



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

# **ACTAS Tomo 1**

**Física, Química y Físicoquímica de Suelos**

**Contaminación del Suelo y Calidad del Medio Ambiente**

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 - AACCS, 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.

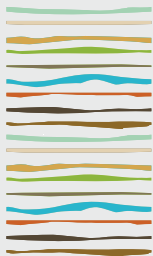
 **TECNOAGRO**  
TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

 **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 1**

<b>FÍSICA, QUÍMICA Y FISICOQUÍMICA DE SUELOS</b>	<b>19</b>
<b>CARACTERIZACIÓN DE SUELOS DE LA ZONA DEL DEPARTAMENTO SAN MARTÍN DE LA PROVINCIA DE SANTA FE</b>	<b>20</b>
Acosta, A. M. <sup>1*</sup> , R. D. Biotti <sup>1</sup> , A. Bardin <sup>1</sup> , G. V. Olmos <sup>1</sup>	
<b>APLICACIÓN DE RESIDUOS PECUARIOS COMO ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ</b>	<b>25</b>
Amín, M.S. <sup>1,2*</sup> , Y. Chilano <sup>1,2</sup> , M.A Becerra <sup>1,2,3</sup> , A. Degioanni <sup>1,2</sup> , N. Lucio <sup>1</sup> , E. Maseda <sup>1</sup>	
<b>CALIDAD DE ENMIENDAS ORGÁNICAS TIPO BOKASHI DE DIFERENTES MATERIALES ORIGINALES</b>	<b>26</b>
Andrada, G.N. <sup>1</sup> , C.P. Dionisi <sup>1</sup> , P.A. Campitelli <sup>1</sup> , R.A. Mignone <sup>1*</sup>	
<b>STOCK Y POTENCIAL DE MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN ENTISOLES DEL NORTE DE CORRIENTES</b>	<b>27</b>
Arzuaga, S.A. <sup>1*</sup> , S.M. Contreras Leiva <sup>1</sup> , T.S. Rey Montoya <sup>1</sup> , H. Moglia <sup>1</sup> , D.M. Toledo <sup>1</sup>	
<b>DEPOSITACIÓN DE SEDIMENTOS EÓLICOS EN UN SUELO DE BOSQUE DE CALDÉN (<i>PROSOPIS CALDENIA</i>)</b>	<b>28</b>
Avecilla, F. <sup>1</sup> , L.A. Iturri <sup>1,2</sup> , J.E. Panebianco <sup>1</sup> , L.A. de Oro <sup>1,2</sup> , R. Comas <sup>1,2</sup> , D.E. Buschiazzo <sup>1</sup>	
<b>AUMENTO DE LA INFILTRACIÓN MEDIANTE LABOREO MECÁNICO Y ADICIÓN DE ESTIÉRCOL EN SUELOS COMPACTADOS</b>	<b>29</b>
Ayan, H.F. <sup>1*</sup> , S.B. Hang <sup>2</sup> , P. Servilla <sup>1</sup> , I. Alvarado <sup>1</sup> & J. Castro Ibarra <sup>1</sup>	
<b>MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS EN LA RIOJA MEDIANTE DESCOMPACTACIÓN Y ADICIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO</b>	<b>30</b>
Ayan, H.F. <sup>1*</sup> , S.B. Hang <sup>2</sup>	
<b>COMPARACIÓN DE ENMIENDAS SOBRE UN SUELO CON ALTO NIVEL DE SODIO. ENSAYO MACETERO</b>	<b>36</b>
Ballester J. <sup>1</sup> , M. Barbazán <sup>1</sup>	
<b>ESTADO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS BAJO USO YERBATERO</b>	<b>37</b>
Barbaro, S.E. <sup>1</sup> , B.E. Iwasita <sup>1</sup> , M.N. Barnasthpol <sup>1</sup>	
<b>USO DEL POLVO DE ROCA BASÁLTICA PROCEDENTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES COMO CORRECTOR DE PH</b>	<b>38</b>
BARBARO, L.A. <sup>1*</sup> , B.E. IWASITA <sup>1</sup> , M.A. KARLANIAN <sup>2</sup> , E. RUBIO <sup>2</sup>	



<b>EFFECTO DEL MANEJO DE LOS SUELOS SOBRE LA INFILTRACIÓN DE HAPLUDOLES DEL NOROESTE BONAERENSE</b>	<b>44</b>
Barraco, M.R. <sup>1*</sup> , C.A. Alesso <sup>2,3</sup> , Eugenia Oggero <sup>3</sup> , S. Imhoff <sup>2,3</sup>	
<b>¿SE ENCUENTRA EN EQUILIBRIO EL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN LOS PASTIZALES NATURALES DE URUGUAY?</b>	<b>45</b>
Bazzoni, B. <sup>1*</sup> , G. Piñeiro <sup>1,2</sup>	
<b>COMPORTAMIENTO HIDROFÍSICO Y REOLÓGICO DE MEZCLAS DE BIOSÓLIDO Y SOPORTE EDÁFICO. PARTE I. ENSAYO EN MACETAS</b>	<b>46</b>
Lucesoli, M.V. <sup>1</sup> , D. Sainz <sup>1</sup> , P.L. Fernández <sup>1,2</sup> , M.P. Fontana <sup>3</sup> , M.G. Altina <sup>3</sup> , R.M. Pontiggia <sup>3</sup> , F. Behrends Kraemer <sup>1,2*</sup>	
<b>COMPORTAMIENTO HIDROFÍSICO Y REOLÓGICO DE MEZCLAS DE BIOSÓLIDO Y SOPORTE EDÁFICO. PARTE II. ENSAYO EN RELLENO SANITARIO</b>	<b>47</b>
BEHRENDTS KRAEMER, F. <sup>1,2*</sup> , M.V. LUCESOLI <sup>1</sup> , P.L. FERNÁNDEZ <sup>1,2</sup> , M.P. FONTANA, <sup>3</sup> , M.G. ALTINA <sup>3</sup> , R.M. PONTIGGIA <sup>3</sup>	
<b>CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO PREFERENCIAL EN LABORATORIO</b>	<b>48</b>
Bellora, G.L. <sup>1*</sup> , R. Villarreal <sup>1,2</sup> , L.A. Lozano <sup>1,2</sup> , M.P. Salazar <sup>1,2</sup> , N.G. Polich <sup>1,2</sup> , A. Rivero <sup>1</sup> , H. Simons <sup>1</sup> , C.G. Soracco <sup>1,2</sup>	
<b>TRÁNSITO REPETIDO SOBRE LA MISMA HUELLA Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO</b>	<b>49</b>
Bellora, G.L. <sup>1</sup> , C.G. Soracco <sup>1,2*</sup> , N.G. Polich <sup>1,2</sup> , M.P. Salazar <sup>1,2</sup> , R. Villarreal <sup>1,2</sup> , F. Guilino <sup>1</sup> , L.A. Lozano <sup>1,2</sup> , T.C. Palancar <sup>1</sup> .	
<b>EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS EDÁFICOS FÍSICO-MECÁNICOS POR INCLUSIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIOS EN LA SECUENCIA SOJA-MAÍZ</b>	<b>50</b>
Berardi, J. <sup>1*</sup> , J. Spinozzi <sup>1</sup> , J. Scaglione <sup>1</sup> , S. Montico <sup>1,2</sup> , N. Di Leo <sup>1,2</sup>	
<b>CUANTIFICACIÓN DE CATIONES INTERCAMBIABLES EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA AFECTADOS POR SALES</b>	<b>56</b>
Beroisa, C. A. <sup>1*</sup> , N. S. Kloster <sup>1,2</sup> , L. A. Iturri <sup>1,3</sup>	
<b>PROTOTIPO DE EQUIPO PARA LA EXTRACCION DE MICRONUTRIENTES EN SUELOS</b>	<b>61</b>
Brunello D <sup>1</sup> , Pérez M <sup>2</sup> , Savio M <sup>13</sup> , Kloster N <sup>2*</sup>	
<b>PROMOCIÓN DE <i>LOTUS TENUIS</i> EN LA PAMPA DEPRIMIDA: EVALUACIÓN DURANTE EL PERÍODO ESTIVAL</b>	<b>66</b>
Busto, M. <sup>1*</sup> , M.S. Vásquez <sup>1</sup> , F.L. Marentes Amaya <sup>2</sup> , P.M. Obregón <sup>1</sup> , J. Otondo <sup>3</sup> , M.A. Bailleres <sup>3</sup> , M.J. Estrella <sup>4</sup> , A. Sannazzaro <sup>4</sup> , J.E. Zilli <sup>5</sup> , A.O. Costantini <sup>1,2</sup> , R.I. Romaniuk <sup>2</sup> .	
<b>PROMOCIÓN DE <i>LOTUS TENUIS</i> EN LA PAMPA DEPRIMIDA DURANTE EL PERÍODO ESTIVAL</b>	<b>67</b>
Busto, M. <sup>1*</sup> , M.S. Vásquez <sup>1</sup> , F.L. Marentes Amaya <sup>2</sup> , P.M. Obregón <sup>1</sup> , J. Otondo <sup>3</sup> , M.A. Bailleres <sup>3</sup> , M.J. Estrella <sup>4</sup> , A. Sannazzaro <sup>4</sup> , J.E. Zilli <sup>5</sup> , A.O. Costantini <sup>1,2</sup> , R.I. Romaniuk <sup>2</sup> .	



<b>IMPACTO DE LA COSECHA FORESTAL EN EL DELTA DEL PARANÁ. DATOS PRELIMINARES</b>	<b>68</b>
Caffaro, M.M. <sup>1*</sup> , A.M. Lupi <sup>2</sup> , A. Nocerez <sup>1</sup> , C. Carro <sup>1</sup> , F. Gómez <sup>1</sup> , H. Rimski-Korsakov <sup>1</sup>	
<b>RESISTENCIA MECÁNICA A LA PRENTRACIÓN EN DIFERENTES SECUENCIAS DE CULTIVOS</b>	<b>69</b>
Casasola, E. <sup>1*</sup> , L. Pistoni <sup>2</sup> , A. Mireti <sup>2</sup>	
<b>ENYESADO PARA REVERTIR PROBLEMAS DE SODICIDAD POR RIEGO: EFECTO DE FUENTE Y DOSIS</b>	<b>70</b>
Chevallier Boutell, J. <sup>1</sup> , W.D. Carciochi <sup>1,2,*</sup> , G.V. García <sup>1,2</sup> , N. Diovisalvi <sup>3</sup> , P. Iglesias <sup>1</sup> , N. Wyngaard <sup>1,2</sup> , C. Crespo <sup>1,2</sup> , H.R. Sainz Rozas <sup>1,2</sup> , N.I. Reussi Calvo <sup>1,2</sup>	
<b>ESTADO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS FRANCO-ARENOSOS EN USO AGRICOLA BAJO SIEMBRA DIRECTA A ESCALA REGIONAL</b>	<b>71</b>
Pereyra A. <sup>1</sup> , Corigliano, J.A. <sup>2</sup> , Cisneros J.M. <sup>2</sup>	
<b>ESTABILIDAD ESTRUCTURAL BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EN PALMA SOLA- JUJUY</b>	<b>77</b>
Colque, R.A. <sup>1*</sup> , Aracena, G.E. <sup>1</sup> , Leaño, M.C. <sup>1</sup> , Medina, D.E. <sup>1</sup> , Mendoza, J. <sup>1</sup> , Rodas, A. <sup>1</sup>	
<b>VARIABLES DE SUELO BAJO EFECTO DE INCENDIOS EN UN ARGIUDOL DE CORRIENTES</b>	<b>81</b>
Dalurzo, H.C. <sup>1</sup> , P.G. Caballero <sup>1</sup> , C. Szymitowski <sup>1</sup> , V.B. Díaz <sup>1</sup> , F.A. Paredes <sup>2,3</sup> , L. Gnoatto <sup>1</sup> , N.I. Stahringer <sup>1</sup> , M. Sánchez Petris <sup>1</sup> , G.A. Dellamea <sup>1</sup>	
<b>COMPARACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA MEDICIÓN DE PH EN SUELOS DE SAN LUIS</b>	<b>82</b>
De Dios Herrero, J.M. <sup>1,2*</sup> , J.C. Colazo <sup>3,4</sup> , F. Moreno <sup>5</sup>	
<b>DINÁMICA DE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS EN SUELOS ENMENDADOS CON RESIDUOS AGROINDUSTRIALES</b>	<b>86</b>
Duval, M.E. <sup>1,2*</sup> , J. Moises <sup>1,2</sup> , J.M. Martinez <sup>1,2</sup> , R.J. Garcia <sup>1</sup> , J.A. Galantini <sup>2,3</sup>	
<b>CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN LA ZONA SUR ORIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO CHAMBO COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>92</b>
Echeverría M.M. <sup>1</sup> , N.S Erazo <sup>1</sup> , J.R. Bautista <sup>1</sup> , S.M. Lema <sup>1</sup> , C.G. Frey <sup>1</sup>	
<b>EVALUACIÓN METODOLÓGICA DEL ÍNDICE DE SORCIÓN DE FÓSFORO EN SUELOS (REGIÓN PAMPEANA)</b>	<b>93</b>
Eyherabide, M. <sup>1,2*</sup> , H.R. Sainz Rozas <sup>1,2,3</sup> , N. Reussi Calvo <sup>2,3</sup> , P.A. Barbieri <sup>1,3</sup> , W. Carciochi <sup>1,3</sup> , G. Larrea <sup>1</sup> , C. Crespo <sup>2,3</sup> , A. Pizzuto <sup>2</sup> , N. Wyngaard <sup>2,3</sup>	
<b>MORFOLOGÍA DE AGREGADOS EN SISTEMAS CONVENCIONALES Y AGROECOLÓGICOS EN EL SUR DE SANTA FE, ARGENTINA</b>	<b>94</b>
Fernandez, P.L. <sup>1,2,*</sup> ; F. Behrends Kraemer <sup>1,2</sup> ; M.E. Biggeri <sup>1</sup> ; M.L. Sabatté <sup>1</sup>	
<b>REFLECTANCIA DIFUSA EN EL RANGO VISIBLE PARA LA ESTIMACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO</b>	<b>95</b>
Fernandez, P.L. <sup>1,2,*</sup> ; F. Behrends Kraemer <sup>1,2</sup> ; M. Castiglioni <sup>1</sup>	



<b>EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EDÁFICA EN DIFERENTES TRAYECTORIAS POST DESMONTE EN LA REGIÓN DEL CHACO</b>	<b>96</b>
Fritz, F.G. <sup>1,2</sup> , G. Berhongaray <sup>2,3</sup>	
<b>FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM RESÍDUO INDUSTRIAL ORGÂNICO-SALINO: SÓDIO E DISPERSÃO DAS PARTÍCULAS</b>	<b>97</b>
Frosi, G. <sup>1*</sup> , A.V. Inda <sup>1</sup> , J.R. Fink <sup>2</sup>	
<b>UN MÉTODO SIMPLE Y RÁPIDO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN SUELOS FRANCO ARENOSOS</b>	<b>98</b>
García, G.V. <sup>1,2*</sup> , R.E. Ontivero <sup>3,4</sup> , H.J. Iriarte <sup>3,4</sup> , L.V. Risio Allione <sup>3,5</sup> , M.A. Lugo <sup>3,4</sup> , G.A. Studdert <sup>1</sup>	
<b>MODELO FRACTAL APLICADO AL PROCESO DE TRANSPORTE Y DEPÓSITO EN SUELOS DE LA PRADERA PAMPEANA</b>	<b>104</b>
Gelati, P.R. <sup>1*</sup> , N.E. Machetti <sup>1</sup> , G.O. Sarli <sup>1</sup> , R.R. Filgueira <sup>1,2</sup>	
<b>CAMBIOS EN AGREGACIÓN DEL SUELO A LARGO PLAZO ASOCIADOS A LA APLICACIÓN DE DESECHOS PECUARIOS</b>	<b>109</b>
Ghiberto, P.J. <sup>1,2*</sup> , A.M. Batista <sup>2</sup> , A. Ávila <sup>2</sup> , V. Kruguer <sup>2</sup> , I. Navarro <sup>2</sup> , E. Oggero <sup>1</sup> , J.G. Nicolier <sup>2</sup> , S. Imhoff <sup>1,2</sup>	
<b>ROTACIONES Y CAMBIOS FÍSICOS EN ARGIUDDL: TENSIINFILTROMETRÍA Y AGREGACIÓN</b>	<b>110</b>
M. Á. Pilatti <sup>1,2</sup> , O. Felli <sup>2</sup> , M. C. Miretti <sup>2</sup> , V. Kruguer <sup>2</sup> , A. Ávila <sup>2</sup> , P. Ghiberto <sup>1,2*</sup>	
<b>IMPACTO DE LA INTENSIFICACIÓN EN LA SECUENCIA DE CULTIVOS EN EL CONTENIDO DE CARBONO Y LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE LOS SUELOS: UN META-ANÁLISIS</b>	<b>115</b>
Giustiniani, E. <sup>2*</sup> , F. Behrends Kraemer <sup>1</sup> , L.A. Garibaldi <sup>2</sup>	
<b>EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INTENSIFICACIÓN EN LA SECUENCIA DE CULTIVOS EN LA MICROESTRUCTURA DE UN HAPLUSTOL TORRIORTÉNTICO</b>	<b>116</b>
Giustiniani, E. <sup>2*</sup> , Behrends Kraemer, F. <sup>1</sup> , Bressan, E. <sup>4</sup> , Savino, P. <sup>3</sup> , Castiglioni, M. <sup>1</sup> , Morrás, H. <sup>4</sup>	
<b>EL CARBONO OXIDABLE POR PERMANGANATO EN SUELOS DEL OESTE DE LA REGIÓN PAMPEANA</b>	<b>117</b>
Gómez, M.F. <sup>1,2</sup> , G. Lara <sup>2*</sup> , E. Noellemeyer <sup>2</sup>	
<b>DISTINTAS SECUENCIAS DE CULTIVO Y SU EFECTO LUEGO SEIS CAMPAÑAS SOBRE EL FÓSFORO Y RENDIMIENTO</b>	<b>122</b>
Gomez, N. A. <sup>1</sup> , P. Savino, E.A. Azar, O. Hernández	
<b>EFFECTO DE SEIS CAMPAÑAS Y DISTINTAS SECUENCIAS DE CULTIVO SOBRE EL CARBONO ORGANICO Y RENDIMIENTO</b>	<b>123</b>
Gomez N. A. <sup>1</sup> , P. Savino, E.A. Azar, O. Hernández	
<b>SOIL C STABILIZATION MECHANISMS IN CROP PASTURES ROTATION SYSTEMS</b>	<b>129</b>
González Sosa, M. <sup>1*</sup> , C.A. Sierra <sup>2</sup> , A.Quincke <sup>3</sup> , W.E. Baethgen <sup>4</sup> , S. Trumbore <sup>2</sup> , M.V. Pravia <sup>5</sup>	





<b>EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS EDAFICAS COMO BASE PARA ELABORAR UN DISEÑO AGROECOLOGICO EN EL NOROESTE DE CORRIENTES</b>	<b>130</b>
Grancic, C.E. <sup>1,2*</sup> ; M. Talabera <sup>1</sup> ; A. Mc Cargo <sup>1</sup> , G. Pereyra <sup>2</sup> ; P. Polentarrutti <sup>2</sup> ; T.S. Rey Montoya <sup>1,2</sup> ; F.A. Paredes <sup>1,2</sup> .	
<b>EFFECTO DE 45 AÑOS DE SECUENCIAS DE CULTIVOS SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS DEL SUELO</b>	<b>131</b>
Gudelj, O.E. <sup>1</sup> , M.B. Conde <sup>1</sup> , J. Ortiz <sup>1</sup> , V.S. Faggioli <sup>1</sup> , C.A. Lorenzon <sup>1</sup> , L.A. Pereyra <sup>1</sup> , V.J. Gudelj <sup>1</sup>	
<b>QUE DEBEMOS SABER CUANDO EVALUAMOS SUELOS SALINOS?</b>	<b>137</b>
Heredia, Olga S. <sup>1</sup>	
<b>COMPOSICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO POTENCIALMENTE EMITIDO POR SUELOS CULTIVADOS: UN ESTUDIO DE 20 AÑOS</b>	<b>138</b>
Iturri <sup>1,2,*</sup> , L.A., R. Funk <sup>3</sup> , M. Leue <sup>3</sup> , M. Sommer <sup>3</sup> , D.E. Buschiazio <sup>1</sup>	
<b>MATERIA ORGÁNICA ASOCIADA A PLANTACIONES EN SUELOS DE CENIZA VOLCÁNICA: ¿VEINTE AÑOS NO ES NADA?</b>	<b>139</b>
La Manna, L. <sup>1,2*</sup> , C. Caruso <sup>3</sup> , C. Ugarte <sup>4</sup> , W. Opazo <sup>4</sup> , D. González Comunian <sup>1</sup> , M. Antilef <sup>1</sup> , C.G. Buduba <sup>1,4</sup>	
<b>EVALUACIÓN ESTACIONAL DE CARBONO, NITRÓGENO Y FÓSFORO EN ÁREAS ABIERTAS Y BAJO COPA DE CALDÉN</b>	<b>140</b>
Larroulet, M.S. <sup>1,*</sup> , P.A. Ferreyra <sup>1,2</sup> , M. Minig <sup>1,2</sup> , M.E. Gallace <sup>1</sup> , M.N. Castaño <sup>1</sup> , E.N. Hepper <sup>1</sup>	
<b>EL SISTEMA INTENSIFICADO SUSTENTABLE EVALUADO POR LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DE UN SUELO DEGRADADO</b>	<b>145</b>
Luna Laguna, K.L. <sup>1</sup> , A. Herrera Tobón <sup>1</sup> , M. Semmartín <sup>1,2</sup> , B. Benedit <sup>3</sup> , A. Peper <sup>3</sup> , D. Cosentino <sup>1,2</sup>	
<b>VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN RESPUESTA AL ÍNDICE DE INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA</b>	<b>146</b>
Malmantile, A. <sup>1</sup> , F. Salvagiotti <sup>2</sup> , G.R. Gerster <sup>3</sup> , S. Bacigaluppo <sup>2*</sup>	
<b>ALMACENAJE DE CARBONO EN SUELOS DE LA DEPRESIÓN DEL SALADO: ANÁLISIS DE UNA TOPOSECUNCIA</b>	<b>147</b>
Marentes Amaya, F.L. <sup>1,*</sup> , P. Gelatti <sup>3</sup> , M. Busto <sup>2</sup> , E. Melani <sup>4</sup> , J. Otondo <sup>4</sup> , M. Bailleres <sup>4</sup> , A. Costantini <sup>1,2</sup> , R. Romaniuk <sup>1</sup>	
<b>RESPUESTA DEL ALMACENAJE DE CARBONO A CRONOSECUENCIAS CON LEGUMINOSAS EN LA DEPRESIÓN DEL SALADO</b>	<b>148</b>
Marentes Amaya, F.L. <sup>1,*</sup> , P. Gelatti <sup>2</sup> , M. Busto <sup>3</sup> , M. S. Vásquez <sup>3</sup> , E. Melani <sup>4</sup> , J. Otondo <sup>4</sup> , M. Bailleres <sup>4</sup> , A. Costantini <sup>1,3</sup> , R. Romaniuk <sup>1</sup>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO DE TIERRA DEL FUEGO</b>	<b>149</b>
Martínez, M.C. <sup>1</sup> , M.L. Gómez Samus <sup>1*</sup> , A. Moretto <sup>1</sup>	
<b>DESARROLLO DE SENSOR DE HUMEDAD DE BAJO COSTO PARA APLICACIONES EN RIEGO POR GOTEOS SUBTERRÁNEO</b>	<b>155</b>
Obligado, R.C. <sup>1</sup> , J.J. Molina Márquez <sup>1</sup> , A.E. Dolinko <sup>1</sup>	



<b>DISTRIBUCIÓN TRIDIMENSIONAL DE LA COMPACTACION EN SUELOS BAJO TRÁNSITO CONTROLADO: ANÁLISIS DEL INTERVALO HÍDRICO ÓPTIMO</b>	<b>156</b>
Oggero, E. <sup>1,*</sup> , M.J. Masola <sup>2</sup> , M. Simonutti <sup>1,2</sup> , J.G. Nicolier <sup>2</sup> , S. Imhoff <sup>1,2</sup>	
<b>EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRÁNSITO CONTROLADO EN LA DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS DEL SUELO</b>	<b>157</b>
Oggero, E. <sup>1,*</sup> , C. Tossolini <sup>2</sup> , C. Camacho <sup>2</sup> , S. Sella <sup>2</sup> , J. Culasso <sup>2</sup> , J.G. Nicolier <sup>2</sup> , S. Imhoff <sup>1,2</sup>	
<b>ESTIMACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO CENTRO-ANDINO DEL ECUADOR UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO</b>	<b>158</b>
Ordoñez, A.H. <sup>1</sup> , M.M. Echeverría <sup>1</sup> , J.C. Orbe <sup>1</sup>	
<b>EVALUACIÓN DE MIP OES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE MICROELEMENTOS EXTRAÍDOS DE SUELO CON DTPA-TEA</b>	<b>159</b>
Perez M. <sup>1</sup> ; D. Brunello <sup>2</sup> ; F. Cora Jofré, <sup>2,3</sup> ; N. Kloster <sup>1*</sup> , M. Savio <sup>2,3</sup>	
<b>¿LA PROMOCIÓN DE LOTUS TENUIS EN SUELOS HIDROHALOMÓRFICOS INCREMENTA EL ALMACENAJE DE CARBONO?</b>	<b>165</b>
Perez, M. G. <sup>1*</sup> , R. Romaniuk <sup>2</sup> , J. Otondo <sup>3</sup> , E. Melani <sup>3</sup> , M. Bailleres <sup>4</sup> , F. Garelo <sup>1,4</sup> , A. Costantini <sup>1,2</sup>	
<b>BASES INTERCAMBIABLES Y MICRONUTRIENTES EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA BAJO DIFERENTES MANEJOS</b>	<b>170</b>
Perez, M.M. <sup>1</sup> ; R. Fernández <sup>1,2</sup> ; N. Kloster <sup>1,2</sup>	
<b>DESCOMPACTACIÓN Y SU EFECTO SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELO Y EL RENDIMIENTO DE SOJA</b>	<b>176</b>
Pietrobon, M. <sup>1*</sup> , H.O. Imvinkelried <sup>1</sup> , I.M. Dellaferrera <sup>1,2</sup> , L. Haidar <sup>1</sup> , J.S. Galvagno Echaniz <sup>3</sup> , J. Viano <sup>3</sup> .	
<b>EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LA ANISOTROPÍA DE LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL SUELO NO SATURADO</b>	<b>181</b>
Polich, N.G. <sup>1,2,*</sup> ; C.G. Soracco <sup>1,2</sup> ; R. Villarreal <sup>1,2</sup> ; M.P. Salazar <sup>1,2</sup> ; Bellora, G.L. <sup>1</sup> ; E.M. Melani <sup>3</sup> ; L.A. Lozano <sup>1,2</sup>	
<b>EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LA HISTÉRESIS Y LA ANISOTROPÍA DE LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL SUELO</b>	<b>182</b>
Polich, N.G. <sup>1,2</sup> ; L.A. Lozano <sup>1,2,*</sup> ; R. Villarreal <sup>1,2</sup> ; M.P. Salazar <sup>1,2</sup> ; G.L. Bellora <sup>1</sup> ; M.R. Barraco <sup>3</sup> ; C.G. Soracco <sup>1,2</sup>	
<b>CONDIÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS CULTIVADOS COM SOJA NO CERRADO MATOGROSSENSE, BRASIL</b>	<b>183</b>
Ribeiro, A.L.A. <sup>1*</sup> , Bocuti E. D. <sup>1</sup> , Amorim, R.S.S. <sup>2</sup> , di Raimo, L.A.L. <sup>1</sup> , Weber, O.L.S. <sup>1</sup> , Rodrigues, R.V. <sup>1</sup>	
<b>DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE SILICIO DISPONIBLE EN UN SUELO HAPLUDOL DE LOS TOLDOS, BUENOS AIRES</b>	<b>189</b>
Sagardoy L. <sup>1</sup> , J. Chirkes <sup>1</sup> , J. J. Marquez Molina, O.S. Heredia <sup>1</sup>	



<b>EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO</b>	<b>190</b>
Salazar, M.P. <sup>1,2*</sup> ; R. Villarreal <sup>1,2</sup> ; L.A. Lozano <sup>1,2</sup> ; N.G. Polich <sup>1,2</sup> ; G.L. Bellora <sup>1</sup> ; E.M. Melani <sup>3</sup> ; C.G. Soracco <sup>1,2</sup>	
<b>EFFECTOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELO POR USO AGRONÓMICO DE EFLUENTES PORCINOS</b>	<b>191</b>
Sosa, N. <sup>1*</sup> , D. Mathier <sup>1</sup> , M.A. Bragachini <sup>1</sup> , C. Díaz <sup>2</sup>	
<b>EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HÍDRICOS Y PRODUCTIVOS EN AMBIENTES CON CULTIVOS DE SERVICIOS EN EL SUR DE SANTA FE</b>	<b>192</b>
Spinozzi, J. <sup>1*</sup> , J. Berardi <sup>1</sup> , S. Montico <sup>1,2</sup>	
<b>CULTIVOS DE COBERTURA COMO ANTECESORES DE MAÍZ Y SOJA: EFECTOS SOBRE EL COP EN UN HAPLUDOL TÍPICO SERIE JUNÍN</b>	<b>197</b>
Tellería, M.G. <sup>1*</sup> , M.P. Melilli <sup>2</sup> , L.A. Milesi Delaye <sup>3</sup>	
<b>STOCKS DE CARBONO Y DE FÓSFORO EN ENTISOLES DE CORRIENTES BAJO SISTEMAS NATURAL Y FORESTAL</b>	<b>203</b>
Toledo, D.M. <sup>1*</sup> , S.M. Contreras Leiva <sup>1</sup> , T.S. Rey Montoya <sup>1</sup> , M. Garay <sup>1</sup> , C. Grancic <sup>1</sup> , J.A. Galantini <sup>2</sup>	
<b>INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS EN EL IMPENETRABLE CHAQUEÑO EN AREAS BAJO PRODUCCIÓN APÍCOLA</b>	<b>204</b>
Toledo, D.M. <sup>1*</sup> , S.M. Contreras Leiva <sup>1</sup> , C. Salgado <sup>2-3</sup> ; S. Sobrado <sup>3-4</sup> , R. Teves <sup>5</sup>	
<b>IMPACTO DE LOS INCENDIOS SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES EDÁFICAS EN SISTEMAS NATURALES Y FORESTALES DE CORRIENTES</b>	<b>205</b>
Toledo, D.M. <sup>1*</sup> , T.S. Rey Montoya <sup>1</sup> , C. Grancic <sup>1</sup> , S.M. Contreras Leiva <sup>1</sup> , M. Garay <sup>1,2</sup> , H.C. Dalurzo, <sup>2</sup> M.B. Mastandrea <sup>1</sup> , M.N. Aquino Soler <sup>1</sup>	
<b>SOIL AGGREGATE STABILITY AFTER WINTER COVER CROPS AND DIFFERENT TILLAGE PRACTICES</b>	<b>206</b>
Valle, T.R.S. <sup>1*</sup> , Sena, A. F. S. <sup>1</sup> , Quicaña, A. D. C. <sup>1</sup> , Souza, E.G.T. <sup>1</sup> , Kroth, L.V.E. <sup>1</sup> , Martins, A. P. <sup>1</sup>	
<b>CARACTERIZACIÓN DE TORMENTAS DE SAL PROVENIENTES DE LA LAGUNA MAR CHIQUITA, PROVINCIA DE CÓRDOBA</b>	<b>207</b>
Díaz, C.C. <sup>1</sup> , L.I. Molina Ordoñez <sup>1</sup> , C.I. Vettorello <sup>1</sup> , H.P. Apezteguía <sup>1</sup>	
<b>CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DE LA SUPERFICIE DE BIOPOROS DE LOMBRIZ USANDO TÉCNICAS DE MINI-INFILTRACIÓN</b>	<b>208</b>
Villarreal, R. <sup>1,2*</sup> , L.A. Lozano <sup>1,2</sup> , M.P. Salazar <sup>1,2</sup> , N.G. Polich <sup>1,2</sup> , G.L. Bellora <sup>1</sup> , C. Miguel, R.H. Ellerbrock <sup>4</sup> , H.H. Gerke <sup>4</sup> , C.G. Soracco <sup>1,2</sup>	
<b>RECONVERSIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA A SIEMBRA DIRECTA SOBRE SOJA CONTINUA: INDICADORES EDÁFICOS A LARGO PLAZO</b>	<b>209</b>
Visca, L. <sup>1</sup> , M. Maury <sup>1</sup> ; C. M. Galarza <sup>1</sup> ; A. Aoki <sup>2</sup> ; V. S. Faggioli <sup>1</sup> , E. I. Balbi <sup>1</sup> ; T. Baigorria <sup>1</sup> , M. Defagot <sup>1</sup> , C. A. Lorenzon <sup>1</sup> , M. B. Conde <sup>1</sup> ; L. Pereyra <sup>1</sup> ; G. Velez <sup>1</sup> ; R. Seravalle <sup>1</sup> ; P. Marelli <sup>1</sup> ; V. R. Pegoraro <sup>1*</sup>	



<b>PROPIEDADES EDÁFICAS Y SU RELACIÓN CON LA DISTRIBUCIÓN DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ</b>	<b>210</b>
Vucko, A. <sup>1*</sup> , R.A. Lovato Echeverría <sup>1</sup> , M. Dávalos <sup>1</sup> , S.M. Contreras Leiva <sup>2</sup> , D.M. Toledo <sup>2</sup> , M.G. López <sup>1</sup>	
<b>CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE</b>	<b>214</b>
<b>MAGNETISMO AMBIENTAL APLICADO AL ESTUDIO DE SUELOS AFECTADOS POR EROSIÓN EÓLICA, PROVINCIA DE LA PAMPA</b>	<b>215</b>
Alba, B. <sup>1</sup> , M.A.E. Chaparro <sup>1</sup> , A.A. Bartel <sup>2</sup> , S.B. Aimar <sup>2</sup> , H.N. Böhnel <sup>3</sup>	
<b>ISOTERMAS DE SORCIÓN PARA FÁRMACOS COVID EN SUELOS DEL VALLE DEL MEZQUITAL REGADOS CON A.R.</b>	<b>216</b>
Alvarez Olivares, M. <sup>1</sup> B.L. Prado Pano <sup>2</sup>	
<b>DEPURACIÓN DE RESIDUO DE FEEDLOT EN SISTEMAS SUELO-CULTIVOS DEL PERIURBANO DE RÍO CUARTO</b>	<b>218</b>
Amín, M.S. <sup>1,2*</sup> , M.A. Becerra <sup>1,2,3</sup> , Y. Chilano <sup>1,2</sup> , A. Degioanni <sup>1,2</sup> , N. Lucio <sup>1</sup>	
<b>USO DE ENERGÍA DE LA AGRICULTURA CONVENCIONAL Y ORGÁNICA: UN META-ANÁLISIS</b>	<b>219</b>
Aradvari Horvat, S.M. <sup>1*</sup> , J.L. De Paepe <sup>1,2</sup> , R. Álvarez <sup>1,2</sup>	
<b>EVALUACIÓN DE NIVELES DE METALES POR INDICES EN UN BARRIO DEL SUR DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES</b>	<b>225</b>
Bargiela M., N.M. Durán, G. Fernández, A.F. de Iorio	
<b>PERSPECTIVA GEOAMBIENTAL EN EL ÁMBITO URBANO-RURAL DE LA PLAYOSA, CÓRDOBA</b>	<b>226</b>
Barrera, A.V. <sup>1*</sup> , M.J. Rodríguez <sup>1</sup> , R.N. Ingaramo <sup>1</sup> , A.R. Becker <sup>1,2,3</sup> , A. Chiappero <sup>1</sup>	
<b>SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL PERIURBANO DE LA CIUDAD DE RÍO CUARTO, CÓRDOBA</b>	<b>227</b>
BECKER, A.R. <sup>1,2,3</sup> , M. GRUMELLI <sup>14*</sup> , H.F. SCHIAVO <sup>1,4</sup>	
<b>ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE N<sub>2</sub>O EN DIFERENTES CULTIVOS DE SERVICIO Y DIFERENTES ESCENARIOS CLIMÁTICOS</b>	<b>231</b>
Petrasek, M.R. <sup>1,2*</sup> , G. Piñeiro <sup>3</sup> , V. Bonvecchi <sup>2</sup> , T. Della Chiesa <sup>4</sup> , L. Yahdjian <sup>3</sup>	
<b>SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD PARA SUELOS AGROPRODUCTIVOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS</b>	<b>232</b>
Benintende, S.M. <sup>1</sup> , M.A. Sterren <sup>1*</sup> , M.B. Fontana <sup>1</sup> , Uhrich, W.G. <sup>1</sup> , Rondan, G. A. <sup>1</sup>	
<b>FLUJOS DE CARBONO EN PASTURAS Y RELACIÓN CON LA TEMPERATURA BRANCE BONVINI, María Inés<sup>1, 2*</sup></b>	<b>233</b>
<b>RESPIRACIÓN DEL SUELO CON PASTURAS</b>	<b>234</b>
Brance Bonvini, M.I. <sup>1,2*</sup> , G. Berhongaray <sup>1,3,4</sup> , R. Alvarez <sup>5</sup>	
<b>PRODUCCION DE BIOMASA EN RELLENO POST CLAUSURA</b>	<b>239</b>
Branzini, A., A. Sonenberg, M.M. Zubillaga, M.S. Zubillaga	



<b>CONTENIDO DE GLOMALINA EN LA RIZÓSFERA DE PLANTAS ACUMULADORAS DE PLOMO</b>	<b>244</b>
Cáceres-Mago, K. <sup>1*</sup> , M.J. Salazar <sup>1</sup> , A.G. Becerra <sup>1</sup>	
<b>CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS EN SUELO BAJO DIFERENTES SECUENCIAS DE CULTIVO</b>	<b>245</b>
Caprile, A.C. <sup>1*</sup> , M.R. Repetti <sup>2</sup> , A.E. Andriulo <sup>1</sup>	
<b>EVOLUCIÓN DE LA DETECCIÓN DE PLAGUICIDAS EN UN ENSAYO ORGÁNICO</b>	<b>246</b>
Caprile, A.C. <sup>1*</sup> , M.R. Repetti <sup>2</sup> , A.E. Andriulo <sup>1</sup>	
<b>EVOLUCIÓN DEL NITROGENO EDÁFICO BAJO RIEGO CON AGUA RESIDUAL TRATADA EN INGENIERO JACOBACCI, RIO NEGRO</b>	<b>247</b>
Catenazzo C. <sup>1</sup> , M.C. Riat <sup>1*</sup> , M.V. Cremona <sup>2</sup> , A. Arroyo <sup>1</sup> , V. Velazco <sup>2</sup>	
<b>ECONOMÍA CIRCULAR DEL SILICIO EN EL VIDRIO: USO COMO ENMIENDA DE SUELOS</b>	<b>253</b>
Ciarlo, E.A. <sup>1*</sup> , F.L. Lagrassa <sup>2</sup> , E.B. Giardina <sup>1,3</sup> , J.F. Fernandez Moreno <sup>4</sup>	
<b>ADICIÓN DE UN INHIBIDOR AL EFLUENTE LIQUIDO DE TAMBO PARA MITIGAR LA EMISIÓN DE N<sub>2</sub>O</b>	<b>254</b>
Cosentino V.R.N. <sup>1,2*</sup> , R.I. Romaniuk <sup>1</sup> , N.A. Mortola <sup>1</sup> , E. Otero Estrada <sup>1</sup> , N. Martinek <sup>3</sup> , M. Beltran <sup>1</sup> , A.O. Costantini <sup>1,3</sup> , S. Imohff <sup>4</sup> y M.A. Taboada <sup>3</sup>	
<b>EFFECTO DEL RIEGO CON AGUA RESIDUAL TRATADA EN EL PH Y LA ACUMULACIÓN DE SALES</b>	<b>255</b>
Cremona, MV. <sup>1,2</sup> , M,C. Riat <sup>2</sup> , V. Velasco <sup>3</sup>	
<b>CALIDAD DE AGUA DEL ARROYO EL TALA Y SU RELACIÓN CON FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS, TOPÓGRÁFICOS Y ANTRÓPICOS</b>	<b>261</b>
De los Santos, C.N. <sup>1*</sup> , S.N. Fleite <sup>1,2</sup> , A.R. García <sup>1</sup>	
<b>ENRIQUECIMIENTO EN FOSFATO DE UN SUELO IMPACTADO CON ESTIÉRCOL BOVINO</b>	<b>262</b>
Ciapparelli, I.C. <sup>1</sup> , C.N. De Los Santos <sup>1*</sup> , A.R. García <sup>1</sup>	
<b>CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR UNA FÁBRICA DE COLORANTES EN UNA RESERVA URBANA</b>	<b>263</b>
Ferreiro, N. <sup>1*</sup> & S. Kravetz <sup>1,2</sup>	
<b>CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS VERDES URBANOS DE NEUQUÉN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL</b>	<b>268</b>
Guasco, R.A. <sup>1*</sup> , M. Gonzalez-Polo <sup>2</sup> , M.P. Crego <sup>3</sup> , P. Satti <sup>2</sup>	
<b>IMPLEMENTACIÓN DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA MONITOREAR SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS</b>	<b>269</b>
Guerra, M. <sup>1*</sup> , M. Wagner <sup>1,2</sup> , D. Ortiz <sup>3</sup> , A. Bartel <sup>1</sup> , F. Cora Jofré <sup>1,2</sup> , J.M. Camiña <sup>1,2</sup> , S.M. Azcarate <sup>1,2</sup>	



<b>DETECCIÓN DE GENES DE RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS Y BACTERIAS RESISTENTES EN COMPOST DE CAMA DE POLLO Y EN SUELOS ABONADOS</b>	<b>275</b>
Hernández Guijarro, K. <sup>1*</sup> , P. F. Rizzo <sup>2</sup> , D. J. Perez <sup>1</sup> , E. Okada <sup>1</sup>	
<b>ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN EN LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS A SUELOS FORESTALES: EMISIÓN DE ÓXIDO NITROSO</b>	<b>276</b>
Kucher, H. <sup>1,2*</sup> , V. Cosentino <sup>3,4</sup> , A. Lupi <sup>3</sup> , A. Costantini <sup>1,3</sup> , P. Rizo <sup>3</sup> , E. Otero Estrada <sup>3</sup> , P. Patahuer <sup>3</sup> , T. Cerrillo <sup>3</sup> , L. Venturelli <sup>3</sup> , A. Muñoz Cabrera <sup>1</sup> , J. Diehl <sup>1</sup> , A. Amado Torres <sup>1</sup> , R. Romaniuk <sup>3</sup>	
<b>EFFECTO DEL CULTIVO DE COBERTURA SOBRE EL BALANCE DE GEI</b>	<b>277</b>
Lewczuk, N. <sup>1*</sup> , C. Alfonso <sup>2</sup> , P. Barbieri <sup>1,2</sup> , L. Echarte <sup>1,2</sup>	
<b>EMISIONES DE N<sub>2</sub>O EN UN CULTIVO DE SOJA, UNA MIRADA DESDE EL MODELO DNDC</b>	<b>283</b>
Lewczuk, N. <sup>1*</sup>	
<b>CALIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO HORTÍCOLA ENMENDADO CON DIGESTATOS ANAERÓBICOS</b>	<b>289</b>
Magazzini, S., C.Tassara, G. Fernández, A.F. de Iorio, M. Bargiela*	
<b>VANADIO EN AGUAS DE RIEGO Y SU ACUMULACIÓN EN SUELOS</b>	<b>295</b>
Muzlera Klappenbach A., R. S. Lavado	
<b>ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE DE CAMA DE POLLO PARA SU UTILIZACIÓN COMO ENMIENDA DE SUELO</b>	<b>300</b>
Okada, E. <sup>1*</sup> , D. Pérez <sup>1</sup> , W. Carciochi <sup>1,2</sup> , M.C. Pellegrini <sup>3</sup> , A. Ponce <sup>3</sup> , C. Lavallén <sup>4</sup> , M. Dopchiz <sup>4</sup> , B. Young <sup>5</sup> , M. d. R. Franco <sup>1</sup> , A. M. Di Martino <sup>6</sup> , P. Rizzo <sup>7</sup>	
<b>MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LECHUGA POR APLICACIÓN DE COMPOST DE CAMA DE POLLO</b>	<b>301</b>
Okada, E. <sup>1*</sup> , W. Carciochi <sup>1,2</sup> , D. Pérez <sup>1</sup> , F. Cafaro La Menza <sup>1</sup> , E. Adlercreutz <sup>3</sup> , K. Hernández Guijarro <sup>1</sup> , B. Young <sup>4</sup> , P. Rizzo <sup>5</sup>	
<b>ROL DE <i>EPICHLÖË OCCULTANS</i> SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE <i>LOLIUM MULTIFLORUM</i> EN SUELOS ENMENDADOS CON BIOSÓLIDOS</b>	<b>302</b>
Ovejero A.M. de las N. <sup>1,2*</sup> , S.I.Torri <sup>2</sup> , P.E. Gundel <sup>2,4</sup> , A.I. Menéndez <sup>2,3</sup>	
<b>RESPUESTA BIOLÓGICA DE CÉLULAS DE PIEL Y PULMÓN AL POLVO EÓLICO DE CAMINOS RURALES DE LA PAMPA</b>	<b>303</b>
Ulchak, T. <sup>1</sup> , I. Fenoy <sup>1</sup> , N. Ramirez Haberkon <sup>2</sup> , F. Astort <sup>1</sup> , N.S. Orona <sup>1</sup> , J. E. Panebianco <sup>2</sup> , M. Mendez <sup>2</sup> , A. Goldman <sup>1</sup>	
<b>EFFECTO DEL POLVO EÓLICO DE CAMINOS RURALES SOBRE LA PIEL Y LA RESPUESTA INMUNOLÓGICA</b>	<b>304</b>
Azzi, C. <sup>1</sup> , I. Fenoy <sup>1</sup> , T. Ulchak <sup>1</sup> , N.S. Orona <sup>1</sup> , V. Martin <sup>1</sup> , N. B. Ramirez Haberkon <sup>2</sup> , M. Mendez <sup>2</sup> , J.E. Panebianco <sup>2</sup> , A. Goldman <sup>1</sup> , F. Astort <sup>1</sup>	
<b>CAMBIOS EN LOS ATRIBUTOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SUELO POR APLICACIÓN CONTINUA DE EFLUENTE PORCINO</b>	<b>305</b>
Pegoraro, V.R <sup>1</sup> , O. Bachmeier <sup>2</sup> , S. Hang <sup>2</sup> , C. Lorenzon <sup>1</sup> ; A.J. Barbosa <sup>1</sup> , J. Ortiz, M.S. Zubillaga <sup>3</sup>	



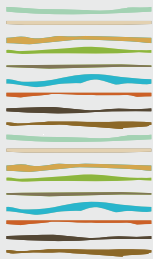
<b>IMPACTO DE LOS INCENDIOS SOBRE EL CARBONO EDÁFICO Y OTRAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS</b>	<b>310</b>
Rey Montoya, T.S. <sup>1,2</sup> , D.B. Kurtz <sup>1,2</sup> , J.L. Flores <sup>2</sup> , D.D. Ybarra <sup>2</sup> , R. Falcón <sup>2</sup> , C.E. Grancic <sup>1</sup> , C. Fernández López <sup>1,2*</sup>	
<b>EMISIONES DE OXIDO NITROSO: EFECTO DEL RIEGO SUPLEMENTARIO EN MAIZ EN EL SUDOESTE BONAERENSE</b>	<b>314</b>
Rimski-Korsakov, H. <sup>1*</sup> , C. R. Alvarez <sup>1</sup> , E. A. Ciarlo <sup>2</sup> , H. S. Steinbach <sup>1</sup>	
<b>CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTALES DE LOS SUELOS EN LA REGIÓN DE VILLA MARÍA, CÓRDOBA</b>	<b>320</b>
Rodríguez, M.J. <sup>1*</sup> , A.R. Becker <sup>1,2,3</sup> , M.T. Grumelli <sup>3,4</sup> , Ingaramo, R.N. <sup>1</sup> , Barrera A. <sup>1</sup>	
<b>CIENCIA CIUDADANA PARA ESTUDIAR EL COMPOSTAJE DOMICILIARIO</b>	<b>326</b>
Rosanigo, M.P. <sup>1*</sup> , L. Piluso <sup>1</sup> , M. Semmartin <sup>1</sup> , N. Mazzeo <sup>1</sup> , V.I. Pierini <sup>1</sup>	
<b>EVALUACIÓN DE PLAGUICIDAS RESIDUALES EN CULTIVOS DE INVIERNO EN EL SUDESTE BONAERENSE</b>	<b>327</b>
Santos, D. <sup>1</sup> , V. Aparicio <sup>2*</sup> , E. De Geronimo <sup>2</sup>	
<b>AVANCES EN ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN Y REMEDIACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE ARGENTINA</b>	<b>328</b>
Sasal, M.C. <sup>1</sup>	
<b>EFECTO DEL USO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LAS PROPIEDADES DE UN ARGJUSTOL TÍPICO</b>	<b>329</b>
Sotomayor <sup>1*</sup> , C., E. A. Arroyo <sup>1</sup> , G. A. Sanzano <sup>1</sup> , J. P. Navarro Di Marco <sup>1</sup>	
<b>RENDIMIENTOS Y BALANCE DE CARBONO CON FERTILIZANTES NITROGENADOS DE EFICIENCIA MEJORADA EN MAÍZ Y TRIGO</b>	<b>330</b>
Peralta, G. E. <sup>1</sup> , G. Rubio <sup>2</sup> , M. Toribio <sup>3</sup> , M. A. Taboada <sup>1,4,5,*</sup>	
<b>EL REGRESO DE LOS SUELOS A LA AGENDA GLOBAL</b>	<b>334</b>
Taboada, M. A. <sup>1,2,3</sup>	
<b>EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS EN SUELOS DE MICROCUENCA AGRÍCOLA DECLARADA ZONA DE RESGUARDO AMBIENTAL</b>	<b>335</b>
Van Opstal, N.V. <sup>1</sup> , M.S. Seehaus <sup>1</sup> , J. Primost <sup>2</sup> , E.A. Gabioud <sup>1</sup> , M.G.Wilson <sup>1</sup> , A.B. Wingeyer <sup>1</sup> , M.C.Sasal, M.C. <sup>1</sup> .	



## **Física, Química y Fisicoquímica de Suelos**







## **CARACTERIZACIÓN DE SUELOS DE LA ZONA DEL DEPARTAMENTO SAN MARTÍN DE LA PROVINCIA DE SANTA FE**

Acosta, A. M.<sup>1\*</sup>, R. D. Biotti<sup>1</sup>, A. Bardin<sup>1</sup>, G. V. Olmos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral,

\*Santiago del Estero 2829, (3000) Santa Fe, Prov. de Santa Fe, [aacosta@fiq.unl.edu.ar](mailto:aacosta@fiq.unl.edu.ar)

### **RESUMEN**

Una caracterización completa del suelo hace referencia al análisis exhaustivo de las variables más importantes y de manejo común, que definen sus propiedades. Es importante contar con esta descripción porque constituye una herramienta fundamental a la hora de tomar decisiones. Las zonas de muestreo seleccionadas para este trabajo se ubican dentro del departamento San Martín, ubicado al suroeste de la provincia de Santa Fe. Las determinaciones que se realizaron corresponden a: pH, % Porosidad, CIC, Agua Equivalente, Agua Higroscópica, Conductividad Eléctrica, Carbono, Nitrógeno, Fósforo y Textura. El trabajo experimental, así como los datos recopilados hacen referencia a determinaciones preliminares de los suelos en cuestión. El objetivo es obtener la información básica de sus características, para continuar la investigación en trabajos posteriores que permitan profundizar con mayor detenimiento las problemáticas o incógnitas que surjan a partir de este. Se observa, según los resultados obtenidos, que el tratamiento que han recibido los distintos suelos de esta zona no afectaron a la mayoría de las propiedades físicas y químicas analizadas. Se recomendaría el uso controlado de agroquímicos y fertilizantes en consonancia con análisis periódicos de suelo. Además, en futuras investigaciones debería hacerse el estudio con un seguimiento más prolongado a través de varios años, focalizando en las distintas propiedades, como por ejemplo CIC, materia orgánica, fósforo y pH. Esto serviría como herramienta para hacer inferencias más específicas. Siempre recordando que el suelo es un recurso no renovable y que su uso y manejo son claves para lograr el desarrollo de una agricultura sustentable.

**Palabras clave:** suelo, caracterización, sustentable.

### **INTRODUCCIÓN**

El suelo es un sistema abierto, expuesto a estímulos y cambios producidos por el medio que lo rodea; muchos de estos son de origen natural, por lo que su impacto no genera cambios negativos que puedan ser manipulados. También están los producidos por el hombre, que usa el suelo para múltiples beneficios. Afortunadamente en muchos casos las consecuencias que esto trae, pueden ser evaluadas y controladas. Esto hace que el estudio y conocimiento del estado en que se encuentre el mismo, sea una herramienta fundamental para su mantención (Conti, 2011).

Una caracterización completa del suelo permite realizar un análisis exhaustivo de las variables más importantes y de manejo común, que definen sus propiedades. Ya sea que el estudio se realice en base al uso, fertilización o contaminación del mismo.

Las variables contempladas son aquellas determinaciones físicas y químicas que definen los análisis de rutina. Estos ensayos constituyen una forma de indagar en la calidad ambiental que presenta el suelo, y su capacidad de brindar nutrientes a las plantas; además de la contribución a los demás ciclos naturales a los



que está ligado, como los que involucran el agua y los microorganismos. Estas propiedades, suelen ser diferentes dependiendo de la región que se esté evaluando, ya que también influyen otras características como el tipo de relieve, el clima, las actividades agropecuarias, la densidad poblacional, entre otras.

El objetivo de este trabajo fue determinar las distintas variables cuali y cuantitativas que se pueden medir, con el fin de obtener resultados comparativos e inferir conclusiones respecto a las propiedades que presentan los distintos suelos en cuanto a su uso, localizados dentro de una misma región. Las zonas de muestreo seleccionadas se ubican dentro del departamento San Martín al suroeste de la provincia de Santa Fe.

Esta región se encuentra atravesada por la pampa llana santafesina y la pampa ondulada donde el relieve se define como una faja elevada, plana en el centro y con pendientes onduladas en los adyacentes (Acosta et al., 2020; INTA Rafaela).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el estudio se utilizaron muestras de suelo del departamento San Martín, ubicado en el sur oeste de la provincia de Santa Fe, una de las zonas que aporta mayor producción de granos a la economía regional. En la zona de actividad agrícola se practica la siembra de soja, maíz y trigo; la región urbana pertenece a un terreno sin ninguna actividad en particular.

El trabajo experimental, así como los datos recopilados hacen referencia a determinaciones preliminares de los suelos en cuestión. El objetivo es obtener la información básica de sus características, para continuar la investigación en trabajos posteriores; para profundizar con mayor detenimiento las problemáticas o incógnitas que surjan a partir de este estudio.

Las determinaciones que se realizaron corresponden a: pH, % Porosidad, CIC, Agua Equivalente, Agua Higroscópica, Conductividad Eléctrica, Carbono, Nitrógeno, Fósforo y Textura. A continuación, se describen los métodos utilizados.

### **pH**

El método más utilizado en cuanto a exactitud para medir el pH es el potenciométrico, siendo el instrumento el pHmetro de membrana de vidrio. La medición se realiza en una suspensión suelo-agua en una relación 1:2,5 (Lopez Ritas & Lopez Médina, 1990).

### **% Porosidad**

Este valor corresponde a la porción del suelo ocupada por aire y agua. De forma experimental la porosidad se determina de forma indirecta a través del valor de la densidad real y aparente del suelo.

*Densidad real:* determinada por picnometría, que es la técnica empleada para la determinación de densidad de sólidos (Lopez Ritas & Lopez Médina, 1990).

*Densidad aparente:* su determinación implica que la muestra tiene que ser lo menos manipulada posible y se realiza mediante el método de la probeta para suelos perturbados (Lopez Ritas & Lopez Médina, 1990).

### **CIC**

Extracción con acetato de amonio a pH 7; en base al Esquema A IRAM-SAGyP 29577

### **Agua Higroscópica**

La determinación de % Hi viene relacionada con la cantidad de agua atmosférica que queda retenida por fuerzas de unión que equivalen a 50 atm. (Lopez Ritas & Lopez Médina, 1990).

### **Agua equivalente**

Partiendo del punto de saturación de agua higroscópica, el agua que sea retenida de forma posterior será con una fuerza equivalente a 0,3 atm. En este caso se determina % He (Lopez Ritas & Lopez Médina, 1990).

### **Conductividad eléctrica**



Este método consiste en la preparación de una suspensión suelo-agua en forma de pasta. Se le mide la conductividad eléctrica con un conductímetro marca "Antares IT" de lectura directa.

### Materia orgánica

Método de Walkley-Black: oxidación húmeda, sin calefacción externa según la IRAM-SAGyP 29571-2

Método Kjeldahl: destilación, método Kjeldhal esquema descrito en la IRAM-SAGyP 29572.

### Fósforo

Método de Bray-Kurtz: colorimétrico del azul de molibdeno. (Lopez Ritas & Lopez Mérida, 1990).

### Textura

Método del hidrómetro de limo y arcilla (Lopez Ritas & Lopez Mérida,1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron muestras de suelos pertenecientes a una zona de cultivo, y de suelos provenientes de una zona sin uso de actividad agrícola. Las muestras fueron tomadas de forma aleatoria y representativa del total estudiado. Cubriendo toda el área de suelo, evitando las periferias y las zonas desperejadas; se tomaron muestras con una pala a una profundidad aproximada de 30 cm (Lopez Ritas & Lopez Mérida,1990) Los resultados obtenidos se observan en las figuras 1 y 2:

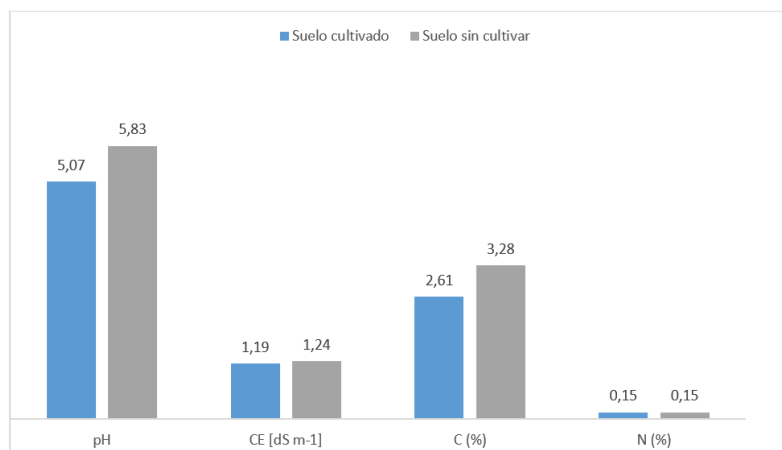


Figura 1: gráfico de barras con las variables de pH, CE, C, N obtenidas para el suelo cultivado y sin cultivar

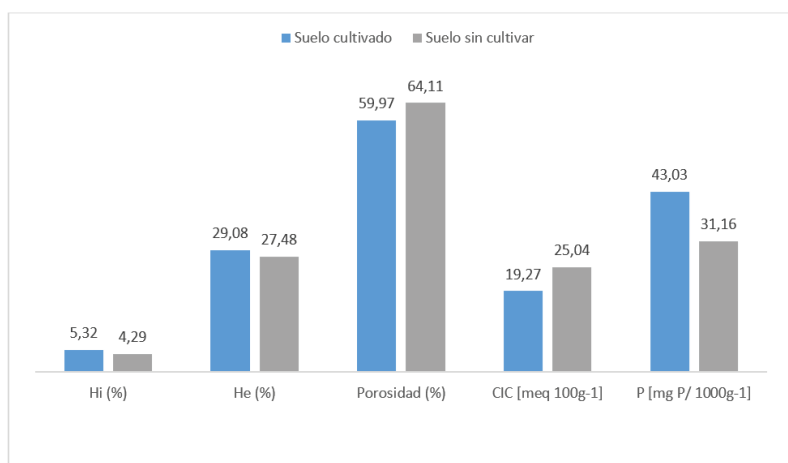


Figura 2: gráfico de barras con las variables de Hi, He, porosidad, CIC y P obtenidas para el suelo cultivado y sin cultivar

Para ambos tipos de suelos, se obtuvieron valores de **pH** que entran en el rango de suelos ácidos, aumentan-



do levemente en el caso de los suelos sin cultivar, donde llega a un valor más cercano al normal. Esto podría relacionarse con el aumento en el valor de la CIC, específicamente con el valor de Na y K. Recordar además que las plantas cultivadas acidifican los suelos de dos formas; cuando las raíces captan los nutrientes como el K, disuelven un número equivalente de iones hidrógeno. Otra forma, es cuando los cultivos extraen Ca y Mg en cada cosecha y esto aumenta la velocidad de acidificación del suelo (Plaster, 2005; Franco et al., 2020).

La **porosidad** es un poco mayor para los suelos sin cultivar, pero como se observa ambos valores se encuentran alrededor del 60%, lo que indicaría que los suelos donde no se cultiva tienen un mayor porcentaje de su volumen ocupado con aire y agua, o visto de otra forma, presentan menos “apelmazamiento” respecto al otro grupo. Esto podría venir influenciado por el uso de maquinaria pesada y los sistemas de labranza en los suelos para cultivos, lo que afecta las propiedades físicas edáficas (Ciarlo et al., 2020).

Respecto a la **CIC**, se observa una diferencia más marcada entre ambos tipos de suelos, siendo, al igual que los casos anteriores, mayor para suelos sin cultivar. Esto podría derivar en que las condiciones de intercambio que presentan estos últimos son mayores, pero podría estar coincidiendo también con una época de agotamiento de nutrientes debido a la actividad de cultivo para el otro tipo. Dejando en evidencia cómo varía el balance de ingreso y salida de nutrientes. (Franco et al., 2020). También está relacionada con la cantidad de agroquímicos que se debe agregar al suelo, los coloides adsorben a los mismos tan bien como los nutrientes, por consiguiente, las arcillas y el humus suelen atrapar muchos residuos químicos. La capacidad de intercambio influye mucho en la práctica de fertilidad de suelos; los suelos con alta CIC tienen mayor capacidad para retener los nutrientes catiónicos que aquellos que poseen una conductividad baja, es decir que de esto depende la cantidad de fertilizantes a agregar en ambos casos, siendo mayor el agregado en aquellos con baja CIC (Plaster, 2005).

Para el caso de % **Hi** y % **He**, no hay mucha diferencia entre ambos grupos, en este caso los valores más altos los presentan los suelos bajo cultivo. La distribución del agua una vez que ingresa al suelo dependerá de propiedades intrínsecas, tales como textura, porosidad, el contenido de materia orgánica, salinidad; mientras que el exceso de agua será eliminado por drenaje (Quiróga et al., 2018).

La conductividad equivalente **CE**, no se vio muy afectada.

Respecto al contenido de materia orgánica, la diferencia se observa para el contenido de **Carbono**, el cuál es mayor para el suelo sin cultivar. Esto se le puede atribuir a la diferencia en el historial de uso, respecto a la actividad, así como también a la textura, lo que se explica a través del uso intenso del suelo agrícola, la rotación de cultivos y la extracción continua de nutrientes (Diovisalvi et al., 2021). Mientras que los valores de **Nitrógeno** coinciden en sus valores.

Se observa una notable diferencia en los valores de **Fósforo**, en este caso el valor es mayor para los suelos bajo cultivo. Lo que podría atribuirse al agregado como fertilizante por parte de los agricultores ya que los sistemas de labranza continua disminuyen el contenido de materia orgánica y en consecuencia el contenido del fósforo. El fósforo absorbido por las plantas es aquel que se encuentra en forma de fosfatos mono y diácidos. Lo que viene afectado además por el sistema de riego, ya que la difusión del fósforo a las raíces de las plantas viene afectada por la sequedad que presente el mismo. (Plaster, 2005; Conti 2011).

Por último, la **textura** observada para ambos grupos es la misma, correspondiente al tipo franco limoso; lo que se corrobora con los valores obtenidos respecto a las demás características.

## CONCLUSIONES

Se observa, según los resultados obtenidos, que el tratamiento que han recibido los distintos suelos de esta zona no afectaron en la mayoría de sus propiedades físicas y químicas del mismo. En los suelos bajo uso agropecuario intensivo se vieron modificadas las dinámicas de nutrientes clave para la producción agropecuaria y se debería fundamentar propuestas de conversión agroecológica en los sistemas de producción, con el fin de mejorar la sostenibilidad ambiental y económica. Se recomendaría el uso controlado de agroquí-

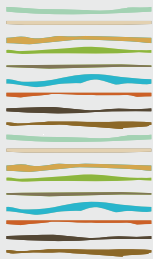


micos y fertilizantes en consonancia con análisis periódicos de suelo. Se debería tener en cuenta en relación con el pH del suelo, ya que sabemos que en suelos ácidos conviene agregar abonos pocos solubles en agua, aunque también interesa que haya una pequeña parte soluble en agua para asegurar las necesidades del comienzo de la vegetación. Además, en futuras investigaciones debería hacerse el estudio con un seguimiento más prolongado a través de varios años focalizando en las distintas propiedades en forma particular, como ser CIC, materia orgánica, fósforo y pH, serviría como herramienta para hacer inferencias más específicas. Sostenido en que el suelo es un recurso no renovable, que su uso y manejo son claves para lograr el desarrollo y agricultura sustentable. Su análisis constituye una herramienta fundamental utilizada para el manejo de la fertilidad del suelo; que nos permite determinar la deficiencia y necesidad de fertilización. Monitorear y evaluar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, conlleva a un uso correcto de fertilizantes, así como también de enmiendas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. M., Caso, A. G., Biotti, R. D., Halac, M. A. y Olmos, G. V. Olmos. (2020). *Carbono en suelo: determinación mediante un método clásico vs un método instrumental*. Asociación Argentina Ciencia del Suelo.
- Ciarlo, E. A., Muschietti, M. D. P., Peralta, N., Comparín, M., Gregorini, F., Cipriotti, P. A. y Giuffrè, L. (2020). *Variabilidad espacial de propiedades del suelo, efecto del uso y tipo*. Asociación Argentina Ciencia del Suelo. *Cienc. Suelo (Argentina)* 38 (2): 249-261, 2020.
- Conti, ME & L Giuffrè. (2011). *Edafología, bases y aplicaciones ambientales argentinas*, Editorial Facultad Agronomía [Buenos Aires, Argentina].
- Diovisalvi, N. V., Reussi Calvo, N. I., Boxler, M. y García, F. (2021). *Relevamiento de calcio, magnesio, potasio y micronutrientes en zonas con diferente productividad de soja*. Asociación Argentina Ciencia del Suelo. *Cienc. Suelo (Argentina)* 39 (1): 63-79, 2021
- Franco, W. R., Catucuago, C. L., Alvarez, W. G. y Bazantes, K. D. R. (2020). *Uso pecuario intensivo, propiedades químicas del suelo y sostenibilidad en los Andes del Norte del Ecuador*. Asociación Argentina Ciencia del Suelo. *Cienc. Suelo (Argentina)* 39 (1): 80-93, 2021
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (s.f.). Área del Proyecto y zonificación RIAN, última consulta 19/09/2022 [http://rafaela.inta.gov.ar/info/rian\\_santafe/area\\_zonificacion.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/info/rian_santafe/area_zonificacion.htm)
- IRAM-SAGyP 29571-2. Determinación de materia orgánica en suelos. Determinación de carbono orgánico oxidable por mezcla oxidante fuerte, escala semi-micro.
- IRAM-SAGyP 29572. Determinación de nitrógeno en suelo por el método Kjeldahl modificado.
- Lopez Ritas J. y Lopez Melida J. "El Diagnóstico de Suelos y Plantas". Métodos de Campo y Laboratorio. Ediciones Mundi-Prensa 4ta. Ed., 1990.
- Plaster E. J. (2005). *La Ciencia del Suelo y su Manejo*. Thomson.
- Quiróga, A., Fernández, R. y Álvarez, C. (2018). *Análisis y evaluación físico hídrica de los suelos*. INTA ediciones. Colección Recursos.
- Vázquez, ME. (2017). *Manejo y conservación de suelos. Con especial énfasis en situaciones argentinas*. 1ra ed. Asociación argentina de la ciencia del suelo AACS [Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina].





## **APLICACIÓN DE RESIDUOS PECUARIOS COMO ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ**

Amín, M.S.<sup>1,2,\*</sup>, Y. Chilano<sup>1,2</sup>, M.A Becerra<sup>1,2,3</sup>, A. Degioanni<sup>1,2</sup>, N. Lucio<sup>1</sup>, E. Maseda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía y Veterinaria - Universidad Nacional de Río Cuarto;

<sup>2</sup>Instituto de investigaciones sociales, territoriales y educativas - ISTE (UNRC-CONICET);

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Córdoba;

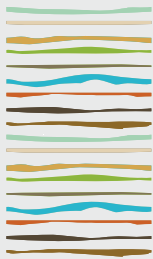
\* Ruta Nacional 36, km 601, samin@ayv.unrc.edu.ar.

### **RESUMEN**

La intensificación de la producción animal genera acumulación de residuos en pequeñas superficies de tierra. La cama de pollo y el residuo de feedlot son ricos en materia orgánica y en macronutrientes (N y P). Estos elementos también son potenciales contaminantes ambientales. En tal sentido la utilización de los residuos como enmiendas orgánicas, en un modelo de economía circular, permitiría su depuración al incorporarlos a producto cosechable, y por otro lado se reemplazaría a los fertilizantes inorgánicos disminuyendo los costos de producción. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta del rendimiento del cultivo de maíz a la aplicación de residuo de feedlot en el suelo sin agregado previo de enmienda orgánica y con aplicación anterior de cama de pollo. Se realizó un ensayo en la Universidad Nacional de Río Cuarto, sobre un suelo Haplustol típico, donde se aplicó e incorporó el equivalente a 18 tn ha<sup>-1</sup> de residuo de feedlot (0,8% N) a parcelas de 12 m<sup>2</sup> sin aplicación de enmienda previa y con una dosis equivalente a 30 tn ha<sup>-1</sup> de cama de pollo en el año 2017, con 4 repeticiones de los siguientes tratamientos en un diseño completo al azar: T (sin aplicación), CP (con aplicación anterior de cama de pollo), E (con aplicación de residuo de feedlot solamente) y E+CP (con aplicación de residuo de feedlot donde antes se aplicó CP). La aplicación del residuo fue el día 28/10/2021 y a los 11 días se sembró el cultivo con una densidad de 71500 pl ha<sup>-1</sup>, realizando control mecánico de malezas. Se cosechó de forma manual el día 11/05/2022. Las mediciones fueron sobre el rendimiento del cultivo y en propiedades químicas y físico-químicas del suelo entre 0 y 20 cm de profundidad. Los resultados no evidenciaron efectos negativos en la germinación ni en el establecimiento de plántulas e indican una respuesta positiva del rendimiento del cultivo de maíz al agregado repetido de enmienda, con diferencias significativas entre los tratamientos T y E+CP (6079 kg ha<sup>-1</sup> vs. 9123 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente de rendimiento medio), mientras que el resto de los tratamientos obtuvo valores intermedios. El contenido de P extractable del suelo al finalizar el ensayo mostró diferencias significativas entre los tratamientos CP (11,5 ppm) y E+CP (29,7 ppm), lo que requiere un mayor análisis dado que se inició el ensayo con contenidos de P con diferencias significativas entre los valores medios de 11 ppm en las parcelas sin aplicación (T y E) y 18 ppm donde se aplicó con anterioridad cama de pollo (CP y E+ CP). Los valores de MOS, pH y CE no mostraron diferencias significativas entre tratamientos al finalizar el ensayo. La diferencia en el rendimiento en esta experiencia representa un 50 % de aumento con la aplicación al suelo de residuos de feedlot con efecto residual de la cama de pollo aplicada años anteriores. Se debe seguir estudiando los efectos de residualidad de las enmiendas de origen animal sobre las propiedades del suelo y los cultivos.

**Palabras clave:** rendimiento, residuo de feedlot, cama de pollo





## **CALIDAD DE ENMIENDAS ORGÁNICAS TIPO BOKASHI DE DIFERENTES MATERIALES ORIGINALES**

Andrada, G.N.<sup>1</sup>, C.P. Dionisi<sup>1</sup>, P.A. Campitelli<sup>1</sup>, R.A. Mignone<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Laboratorio de Coloides y Enmiendas Orgánicas. Av. Valparaíso s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba. geronimo.andrada.811@unc.edu.ar

### **RESUMEN**

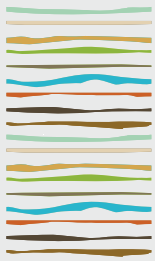
“Bokashi” es un término japonés para definir a la “materia orgánica fermentada”. Se trata de una enmienda orgánica de características similares al compost elaborada bajo condiciones de oxidación incompletas con la acción de microorganismos facultativos fermentadores. El uso de inoculante microbiano asegura buena fermentación, evitando que las bacterias productoras de ácido butírico comiencen a actuar sobre la materia orgánica provocando putrefacción y malos olores. Otra ventaja importante es que es posible elaborarlo en un periodo relativamente corto (dependiendo de las condiciones ambientales, entre 12 y 24 días). La calidad de las enmiendas se determina a través de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El objetivo de este trabajo fue analizar la calidad de tres tipos de bokashi. Para obtener las enmiendas se utilizaron los siguientes materiales: 1 m<sup>3</sup> de estiércol (de caballo, **B1**; de vaca, **B2**) o verduras (**B3**), 1 m<sup>3</sup> de suelo, 1 m<sup>3</sup> de chip de poda y rastrojo (hojas, pastos, paja), 200 dm<sup>3</sup> carbón molido, 100 dm<sup>3</sup> de cenizas, 15 kg de azúcar (excepto B3), 500 g de levadura (excepto B3). Los diferentes materiales se agregaron en capas sucesivas y se mezclaron hasta lograr un material uniforme, se humedecieron y se dispuso finalmente en una pila de una altura máxima de 1,5 m y 2,5 m de ancho. Cada bokashi fue realizado por triplicado. Las muestras fueron extraídas al inicio y cada 7 días hasta el final del proceso (T0, T1, T2, T3, T4, T5) y se determinaron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica (CE), nitrógeno Kjeldahl (NK), fósforo (P), materia orgánica (MO) y se calculó la relación C/N.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para analizar la variabilidad de los distintos tipos de bokashi en función de los parámetros fisicoquímicos determinados. Las componentes principales 1 y 2 (CP1 y CP2) explican el 89,4 % de la variabilidad total. El B1 presenta correlación positiva con la relación C/N y el pH que se pueden diferenciar de los materiales B2 y B3; los que estuvieron correlaciones positivamente con CE, NK, y MO. Los resultados del análisis de la varianza (ANAVA) muestran que para el producto final (T5), B2 y B3 no existió diferencia significativa en todos los parámetros determinados. Sin embargo, B2 presentó mayor contenido de NK y P mientras que B3 mostró un mayor contenido de MO. Por otro lado, B1 evidenció diferencia significativa con B2 y B3, principalmente en el contenido de NK, P y MO, donde sus valores fueron los más bajos. La relación C/N para B1 fue la más alta, concluyendo que entre los tres tratamientos fue el de menor calidad.

**Palabras clave:** valorización de residuos, parámetros de calidad, microorganismos eficientes







## **STOCK Y POTENCIAL DE MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN ENTISOLES DEL NORTE DE CORRIENTES**

Arzuaga, S.A.<sup>1\*</sup>, S.M. Contreras Leiva<sup>1</sup>, T.S. Rey Montoya<sup>1</sup>, H. Moglia<sup>1</sup>, D.M. Toledo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Edafología; Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste.  
Sargento Cabral 2131. Corrientes CP:3400;  
\*saarzuaga@hotmail.com

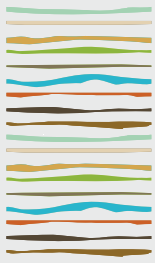
### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos provocados por el reemplazo de pastizales por forestaciones de coníferas sobre las reservas de nitrógeno total y sobre el potencial del suelo para mineralizar el nitrógeno orgánico. Se estableció un diseño de muestreo completamente al azar con dos tratamientos: pastizal natural (PAS) y plantaciones de *Pinus* sp. (PI) en suelos Entisoles del Nor-Noreste de Corrientes, localidad de Ituzaingó. Se analizaron muestras compuestas de suelo, tomadas a 3 profundidades: 0-0,10; 0,10-0,20 y 0,20-0,30 m. Las variables evaluadas fueron: pH, densidad aparente (Da) y nitrógeno total (Nt). Se determinó también nitrógeno anaeróbico (Nan) de 0-0,10 y 0,10-0,20 m y por cálculo se determinó el stock de nitrógeno (SN) hasta los 0,30 m. Para los cálculos se emplearon correcciones de masa de suelo, cuando las densidades aparentes resultaron diferentes entre tratamientos, como en la primera profundidad. Los resultados obtenidos fueron procesados mediante ANOVA y prueba de LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ), utilizando el software estadístico Infostat. El pH fue de carácter ácido, menor en PI, con diferencias significativas en las primeras dos profundidades ( $p < 0,05$ ). Los mayores valores de Da se observaron bajo PAS, pero estas diferencias fueron significativas, sólo para la primera profundidad, presentando valores medios de 1,49 y 1,35 para PAS y PI respectivamente ( $p < 0,05$ ). Los valores de Nt obtenidos estuvieron entre 1,02 a 0,48 g kg<sup>-1</sup> para PAS y de 0,69 a 0,42 g kg<sup>-1</sup> para PI, en las tres profundidades, siendo mayores en PAS. Los valores medios de Nan fueron para la primera profundidad de 37,72 y 14,56 mg kg<sup>-1</sup> para PAS y PI y de 19,23 y 5,84 mg kg<sup>-1</sup> para la segunda respectivamente; siendo en ambas profundidades mayor en el pastizal natural ( $p < 0,05$ ). Se puede decir que, en PI, el nitrógeno potencial mineralizado anaeróbicamente, fue un 61 y 69,6 % menor que en PAS para las dos profundidades en estudio. Los SN calculados para los tratamientos PAS y PI fueron 3,15 y 2,42 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente, siendo mayor en el pastizal, por cuanto la forestación produjo una caída del 23% del nitrógeno del suelo en los primeros 0,30 m. Los suelos bajo pino presentaron menores valores de Nt, Nan y SN. La eliminación del pastizal y su reemplazo por forestaciones con pino provocó acidificación, pérdida de los contenidos de nitrógeno, y disminución del potencial del suelo para mineralizar N, afectando la calidad del suelo y produciendo degradación del mismo.

**Palabras clave:** Reservas de nitrógeno, Uso forestal, Potencial de mineralización.







## **DEPOSITACIÓN DE SEDIMENTOS EÓLICOS EN UN SUELO DE BOSQUE DE CALDÉN (*Prosopis caldenia*)**

Avecilla, F.<sup>1</sup>, L.A. Iturri<sup>1,2</sup>, J.E. Panebianco<sup>1</sup>, L.A. de Oro<sup>1,2</sup>, R. Comas<sup>1,2</sup>, D.E. Buschiazzo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP, CONICET-UNLPam), Santa Rosa, La Pampa, Argentina;

<sup>2</sup>Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Santa Rosa, La Pampa, Argentina;

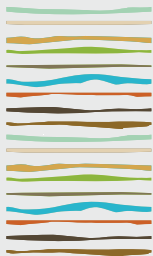
[ferave85@hotmail.com](mailto:ferave85@hotmail.com)

### **RESUMEN**

La erosión eólica (EE) es uno de los procesos de degradación del suelo más importante en la región semiárida central de Argentina. En este ambiente coexisten suelos dedicados a la agricultura y parches de bosque natural de Caldén. Los primeros, debido a las frecuentes labranzas y escasa cobertura vegetal, son erosionados por el viento, mientras que los suelos forestales son poco erosionados debido a la alta y permanente cobertura de árboles, arbustos y pastizales. Si bien se han realizado cuantificaciones del proceso de EE en suelos agrícolas, poco se conoce sobre el papel del Caldén como sumidero de sedimentos eólicos provocados por la erosión de los suelos agrícolas adyacentes. Aún más escasa es la información sobre la distribución espacial y la magnitud de los procesos de sedimentación en el Caldén y las consecuencias que tendría la acumulación de materiales eólicos sobre la evolución del suelo y los ciclos de nutrientes. Por ello, se cuantificó la sedimentación de materiales eólicos en un bosque de Caldén, se analizaron los patrones de depositación dentro del bosque en relación a la distancia del borde agrícola, y se determinó la estacionalidad de los aportes al suelo forestal. El estudio se realizó en un parche de bosque de Caldén ubicado en una matriz agrícola al norte de la provincia de La Pampa. Para cuantificar los aportes de sedimentos eólicos en el bosque y evaluar el efecto de borde que se produce con el lote agrícola, se instalaron tres transectas con orientación N-S espaciadas 50 m entre sí, con puntos de muestreo a 5, 15, 25, 50, 100 y 300 m del inicio del bosque. Se utilizaron colectores pasivos, ubicados a una altura de 4 m. El muestreo abarcó el período de julio de 2019 a diciembre de 2021 y se completaron doce períodos de recolección. El sedimento colectado fue separado por tamizado de 0,5 mm para diferenciar los aportes de sedimentos predominantemente minerales (M) de los de la biomasa del bosque de Caldén (O). La tasa de depositación media de O en todo el período de muestreo fue de 0,21 g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (766,5 kg ha año<sup>-1</sup>), y la tasa de depositación media de M fue de 0,11 g m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (401,5 kg ha año<sup>-1</sup>). La tasa de depositación media de M fue mayor en el ciclo estival (474,5 kg ha año<sup>-1</sup>) que en el ciclo invernal (292 kg ha año<sup>-1</sup>). En relación a los patrones de depositación de M, se encontró que a mayor distancia desde el borde con el sitio agrícola menor es la tasa de depositación de M. Los patrones fueron similares en ambos ciclos estacionales analizados. Los resultados resaltan el rol del bosque como sumidero de sedimentos eólicos minerales y el posible efecto positivo que la depositación de partículas finas tendría sobre la porosidad superficial y capacidad de retención hídrica de suelos forestales. Resta estudiar el origen, la composición y la evolución edafológica de estos sedimentos y la potencial importancia de los procesos involucrados en los ciclos biogeoquímicos en el paisaje agrícola.

**Palabras clave:** sedimentación, erosión eólica, semiárido.





## AUMENTO DE LA INFILTRACIÓN MEDIANTE LABOREO MECÁNICO Y ADICIÓN DE ESTIÉRCOL EN SUELOS COMPACTADOS

Ayan, H.F.<sup>1\*</sup>, S.B. Hang<sup>2</sup>, P. Servilla<sup>1</sup>, I. Alvarado<sup>1</sup> & J. Castro Ibarra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Rioja; Sede Chemical, INDELLaR,

\*Castro Barros 557 (5380), hayan@unlar.edu.ar;

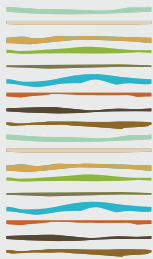
<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintas herramientas de descompactación del suelo (rastra de discos y pasaje de rolo trozador) y adición de estiércol bovino sobre la velocidad de infiltración en praderas de Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* cv. Texas-4464) en "Los Llanos de La Rioja" (Chaco Árido). El ensayo se realizó en praderas con más de 10 años de establecida, esto es porque se observó que la producción disminuye a partir de esta edad, ocasionada, entre otras variables documentadas, por un aumento en la compactación del suelo. La toma de las muestras se realizaron luego del periodo de lluvias (noviembre a marzo) durante dos años consecutivos, los suelos del área de estudio son de textura franco arenosa, pH levemente alcalino, de baja fertilidad y bajos en contenido de MO, el diseño experimental fue de 2 factores (Laboreo y Adición de estiércol bovino) con 2 niveles cada uno (Rolado/Rastra de discos para el Laboreo y Si/No para la Adición estiércol bovino). La hipótesis de trabajo fue que el laboreo y la adición de estiércol producirían un aumento en la infiltración de estos sitios. En nuestro estudio la infiltración mostró diferencia para el factor Laboreo ( $p < 0,0001$ ), los tratamientos testigos se comportan de manera distinta a los que tuvieron algún tipo de laboreo, ordenándose de la siguiente forma SIN LABOREO<ROLADO<RASTRA no existiendo diferencias estadísticas entre los 2 últimos. No se encontraron diferencias para el factor Adición de Estiércol arrojando un valor de  $p = 0,0851$ . Según la clasificación del Soil Survey Staff, la infiltración del suelo sin Laboreo es "Moderadamente lenta" con valores medios de  $10,91 \text{ mm h}^{-1}$  y para los suelos que fueron laboreados los sitúa en "Moderada" aumentando la infiltración a promedios de  $52,64 \text{ mm h}^{-1}$ . Se observó que los tratamientos que además del laboreo tenían adición de estiércol siempre mostraron mayores valores de infiltración. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la combinación de la práctica de descompactación con la aplicación de estiércol bovino permitió un incremento en la infiltración del suelo del orden de 400% aproximadamente. Dado que la práctica de aplicación de estiércol no es frecuente en el área del estudio de este trabajo, se considera que estos resultados sientan las bases para incorporar esta propuesta dentro de buenas prácticas agrícolas para la región del Chaco árido.

**Palabras clave:** Buffel grass, Rolado, Chaco árido





## MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS EN LA RIOJA MEDIANTE DESCOMPACTACIÓN Y ADICIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO

Ayan, H.F.<sup>1\*</sup>, S.B. Hang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Rioja; Sede Chamental, INDELLaR,

\*Castro Barros 557 (5380), hayan@unlar.edu.ar;

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintas herramientas de descompactación del suelo y adición de estiércol bovino sobre el contenido de materia orgánica (MO) en praderas de Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* cv. Texas-4464) en "Los Llanos de La Rioja" (Chaco Árido). El ensayo se realizó en praderas con más de 10 años de establecida, la toma de muestra se realizó luego del periodo de lluvias (noviembre – marzo) durante dos años, los suelos son de textura franco arenosa, pH levemente alcalino, de baja fertilidad y bajos en contenido de MO, el diseño experimental fue de 2 factores (Laboreo y Adición de estiércol bovino) con 2 niveles cada uno (Rolado/Rastra de discos para el Laboreo y Si/No para la Adición estiércol bovino). En las parcelas que se realizaron técnicas de descompactación (Laboreo) mostraron aumento del contenido de MO con respecto al testigo ( $p = 0,015$ ), en cuanto al otro factor (Adición de estiércol), los valores encontrados muestran que las parcelas a las cuales se les había agregado estiércol bovino obtuvieron los mayores porcentajes en el contenido de MO. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la combinación de la práctica de descompactación con la aplicación de estiércol bovino permitió un incremento en el contenido de MO en un factor de 1,55. Dado que la práctica de aplicación de estiércol no es frecuente en el área del estudio de este trabajo, se considera que estos resultados sientan las bases para incorporar esta propuesta dentro de buenas prácticas agrícolas para la región.

**Palabras clave:** Materia orgánica, Chaco árido, Buffel grass.

### INTRODUCCIÓN

La limitante más importante para la producción ganadera bovina en regiones áridas es la baja producción forrajera de los pastizales naturales, en gran parte por su estado de degradación que implica baja receptividad de carga animal y restricciones nutricionales para el ganado que determinan menor productividad individual (De León, 2004; Blanco *et al.*, 2005; Blanco, 2006; Butti, 2015). En "Los Llanos de La Rioja" el 97% del forraje proviene del pastizal natural, y el 3% restante de pasturas implantadas de Buffel grass (BG), que no escapan a la problemática de pérdida de productividad forrajera como consecuencia de procesos de degradación a medida que envejece (Biurrun *et al.*, 2014), distintos autores atribuye esto a una alta invasión de arbustos, que se traduce en una pérdida del número de plantas por metro cuadrado (Ibarra Flores *et al.* 1995; Ibarra Flores *et al.* 2004), esta pérdida produce cambios en las propiedades físico-químicas del suelo, quedando parte del suelo compactado y desnudo, lo que lo deja expuesto a la erosión (Ayan *et al.* 2019). Estudios realizados por Celaya, *et al.* (2015) muestran que los cambios debidos a la transformación de arbustales a praderas de BG afectan la disponibilidad de agua a nivel de parcela. trabajos de investigación indican mejoras en las propiedades edáficas tras la aplicación de enmiendas orgánicas, como son: incremento de la infiltración, mejora de la estructura del suelo y la formación de agregados, incremento en los nutrientes y materia orgánica (MO), entre muchas otras (Shiralipour *et al.*, 1992; Stocking y Albadalejo, 1994; Moldes *et al.*, 2007). La habilitación de potreros para la siembra de BG se realiza sacando los arbustos mediante el rolado o el desmonte selectivo.



El rolado mantiene condiciones de humedad en el suelo por la acumulación en superficie de restos vegetales, lo que contribuiría a la constitución de reservas húmicas (Kunst *et al.*, 2008; Kuhn *et al.*, 2020). Entre las técnicas más utilizadas para la rehabilitación efectiva de pastizales degradados se encuentran: Subsulado, arado, rolado entre otras, nosotros estudiaremos además la incorporación de estiércol bovino al mismo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la región del Chaco Árido de la provincia de La Rioja, conocido como “Los Llanos Riojanos”. Esta extensa región representa más de la mitad de la superficie total de la provincia, abarcando 4,8 millones de hectáreas (Figura 1). El clima es subtropical seco con precipitaciones media anual de 480 mm año<sup>-1</sup> (CIM, 2021) concentradas en los meses de verano y una evapotranspiración potencial de 1700 mm año<sup>-1</sup>. Los suelos son poco desarrollados, el material originario es loésicos, con drenaje excesivo y contenido variable de MO. El suelo estudiado fue clasificado a nivel de Gran Grupo como Entisol (Soil Survey Staff, 2014), Se seleccionaron potreros sembrados con Buffel Grass (BG) de entre 12 y 15 años de antigüedad.

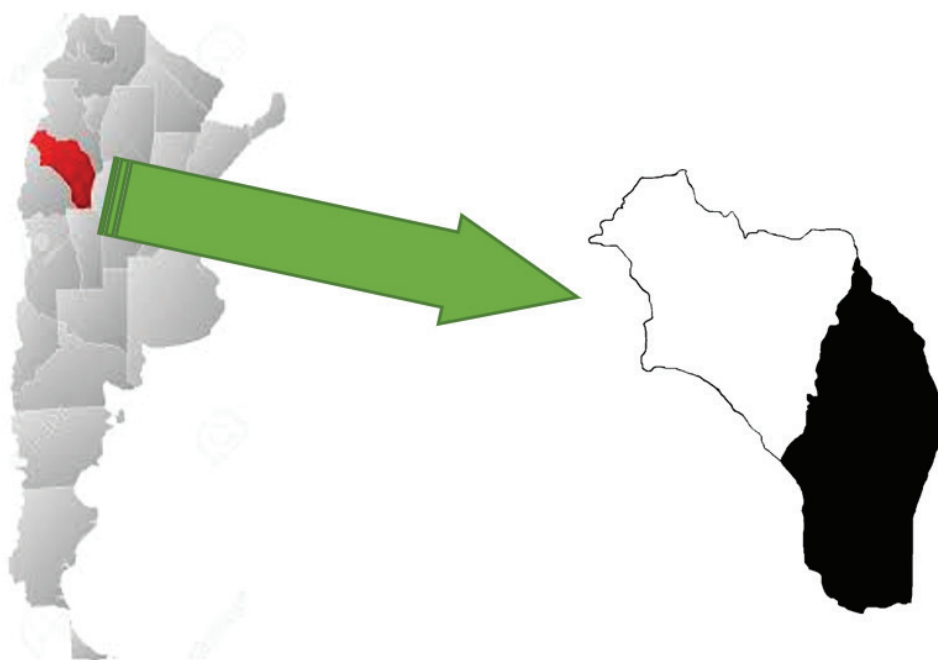


Figura1: Ubicación geográfica

Los tratamientos se basaron en evaluar el efecto de la adición de estiércol (con pH de 7,5; conductividad eléctrica (CE) de 0,72 dS m<sup>-1</sup> y 7% de humedad), el mismo fue compostado, para lograr una esterilización efectiva de patógenos, para esto, se mantuvo la temperatura a 55°C durante 3 días consecutivos. La temperatura se monitoreo a aproximadamente 60 cm de profundidad en la pila para asegurarse que el efecto térmico sobre la flora patogénica es el deseable, la descompactación del suelo se realizó usando dos tipos de implementos un rolo trozador de 4500 Kg y una rastra de 30 discos. Los tratamientos fueron: Rolado (RoSE), Estiércol (TCE), Rolado+Estiércol (RoCE), Rastra (RaSE), Rastra+Estiércol (RaCE), Testigo sin aplicación de estiércol ni descompactado (TSE). Para cada tratamiento se realizaron 5 repeticiones (5 subparcelas de 2 m<sup>2</sup>). Una vez que se aplicaron las herramientas de descompactación se incorporó (en los tratamientos correspondientes) el estiércol, el mismo se realizó de forma manual en las subparcelas en una dosis equivalente a 30 t ha<sup>-1</sup>, el sitio fue clausurado para el ingreso de bovinos por el tiempo en que se desarrolló el ensayo. El muestreo de suelo se realizó en tres fechas, al inicio del experimento (T0) a los 12 meses (T1) y 24 meses (T2), el muestreo se realizó en los primeros 30 cm, tal que por cada repetición se obtuvo una muestra compuesta conformada por 5 submuestras. El análisis que se realizó fue el de materia orgánica (MO) por Walkley y Black (Nelson y Sommer, 1982) dado que se tomó la caracterización del suelo realizada por otros autores en el mismo sitio. El experimento tuvo un diseño totalmente aleatorizado con estructura factorial de tratamientos,

con 2 factores y 2 niveles cada uno (con 5 repeticiones para estimar la interacción), factor “descompactado” con los niveles, rastra y rolo y factor estiércol con aplicación y sin aplicación. El análisis estadístico se realizó usando el software estadístico Infostat/Profesional v 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 podemos observar que los suelos laboreados incrementaron el contenido de MO, tanto para suelos con o sin adición de estiércol. El rango entre valores máximos y mínimos para los suelos con estiércol fue de 0.47 % y 0.50% para rolo y rastra, respectivamente. En cuanto a la amplitud en los contenidos de MO de los suelos que no recibieron estiércol los valores fueron 0.22% (rolo) y 0.42 % (rastra).

Tabla 1: Medidas resumen al finalizar el estudio (24 meses)

Tratamiento	Media (%)	E.E. (%)	Mín. (%)	Máx. (%)
RoCE	1,30	0,05	1,10	1,57
RaCE	1,27	0,06	1,10	1,60
RoSE	1,24	0,02	1,14	1,36
RaSE	1,19	0,04	1,05	1,47
TCE	1,16	0,03	1,02	1,33
TSE testigo (T0)	1,11	0,03	1,03	1,17

EE indica el error estándar, Mín. y Máx. son los valores mínimos y máximos encontrados

Los contenidos de MO obtenidos al cabo de 24 meses en cada uno de las condiciones analizadas y agrupadas según hayan sido o no tratados con estiércol se presentan en la Figura 2.

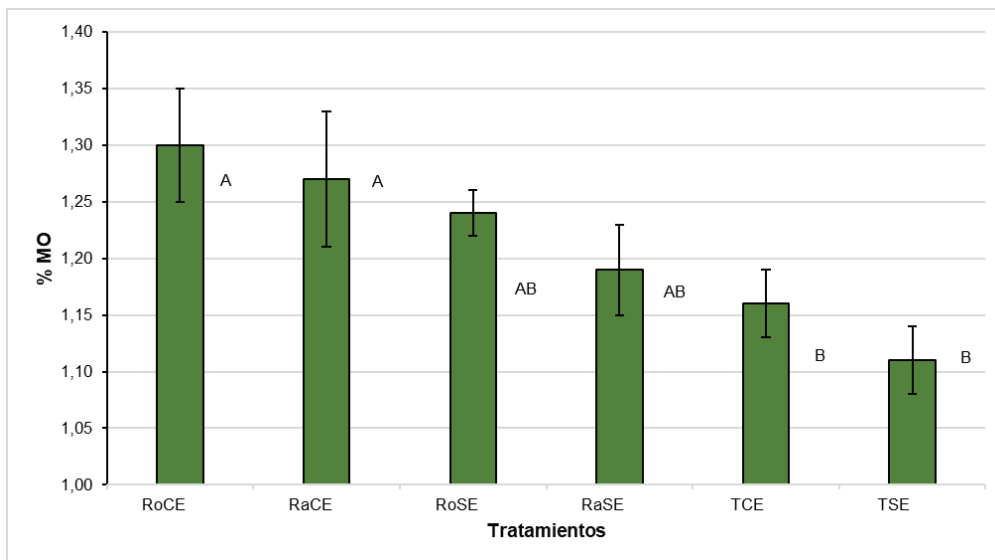


Figura 2: Contenido de MO al finalizar el estudio. Las letras distintas indican diferencias entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), el segmento en cada barra muestra el EE, TSE corresponde al testigo (T0).

Se destaca que el contenido de MO fue mayor en los suelos laboreados con rolo, seguido por rastra y finalmente los suelos no laboreados. La secuencia del contenido de MO de los suelos según los tratamientos experimentados fue Rolo > Rastra > No Laborado esto para suelos Con y Sin adición de estiércol (Figura 3).



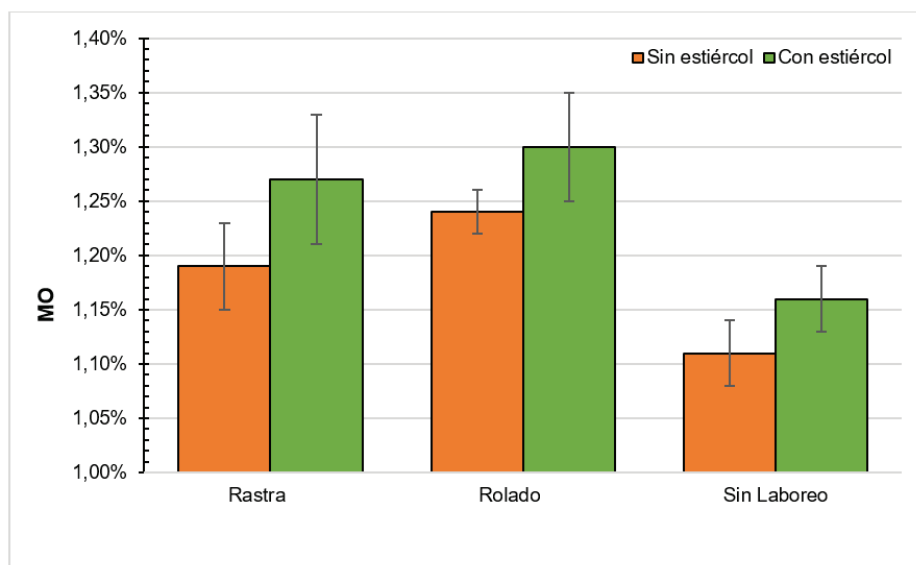


Figura 3: Contenido de MO para los tratamientos con y sin adición de estiércol, el segmento indica el EE

El uso de enmiendas orgánicas es considerado una alternativa para la recuperación de suelos degradados mejorando también los contenidos de MO del suelo (Campbell *et al.*, 1986; Tian *et al.*, 2009). Las prácticas de manejo agrícola que aumentan los contenidos de MO son aquellas que aumentan los aportes de C al suelo (Paustian, 2000; Smith, 2004; Janzen, 2006). La tasa de transformación de los residuos y la cantidad de C que se estabiliza depende, en gran medida, de la calidad del material incorporado (Mazzilli *et al.*, 2014, 2015) en nuestro caso el estiércol bovino y como menciona Tan *et al.* (2007) el sistema de labranza empleado, en nuestro estudio los mejores resultados los obtuvimos en el Rolado + estiércol (RoCE), el rolado genera aumentos de la biomasa herbácea y de la broza depositada en superficie como consecuencia de un mayor ingreso de luz y agua al suelo (Larroulet *et al.*, 2018), además, incorpora MO en forma de restos de hojas, los resultados de este trabajo se corroboran con los de su investigación. Nuestros datos nos llevan a coincidir con Gonzalez Soltelo, *et al.* (1996) y Carnicer *et al.* (2020), ellos informan que el compost incorporado aumentó los tenores de COrg, también lo mencionan Abril *et al.* (2014) y Vázquez y Loli (2018) donde muestran que la adición de enmiendas produce ganancias en el contenido de MO total.

## CONCLUSIONES

Las propiedades químicas del suelo analizadas marcaron diferencias para el contenido de MO, la calidad del suelo se vio favorecida por las técnicas de descompactación realizadas, la incorporación de estiércol produce una mejora positiva, en cuanto a los años en que se desarrolló el trabajo, el primer año llovió por debajo de la media anual y el segundo muy por encima de la misma, por lo que sería conveniente seguir con las tomas de muestra para describir con mejor detalle la evolución del ensayo, se concluye lo siguiente:

1) Se demostró diferencias estadísticas para el factor Laboreo, mostrando que el contenido de MO es mayor en los suelos en que se realizaron técnicas de descompactación (ROLADO y RASTRA). El orden encontrado es el siguiente, ROLADO (a) > RASTRA (a) > SIN LABOREO (b).

2) El contenido de MO para el otro factor se mostró de la siguiente manera, CON ESTIÉRCOL > SIN ESTIÉRCOL.

3) Hay un aumento de 55 % de MO, entre el tratamiento de Rolado + la adición del estiércol (RoCE) y el testigo (TSE).

## BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A; L Noe & M Filippini. 2014. Manejo de enmiendas para restaurar la materia orgánica del suelo en oasis de regadío de Mendoza, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 40(1), 83-91.
- Ayan, HF & LL Manzano. 2019. Indicador de degradación de la calidad del suelo en cultivos de buffel grass. *UNLaR Ciencia*, Edición N° 48. Propiedad de: Universidad Nacional de La Rioja N° 249947, p20-33. ISSN: 1515-5005 (Impresa). ISSN: 2362-4329.
- Biurrún, F; M Cabido & L Blanco. 2014. Consideraciones sobre la vegetación de la provincia de La Rioja y su estado de conservación. En: "El Deterioro del Suelo y del Ambiente de la Argentina". Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura - FECIC, Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua - PROSA. Roberto Casas Editor.
- Blanco, L. 2006. Evaluación de los recursos forrajeros naturales (AEFP3501). Proyecto Propio de la Red: Manejo sostenible de los pastizales naturales. Red Área Estratégica Forrajes y Pasturas. INTA. 25 p.
- Blanco, L; F Biurrún & C Ferrando. 2005. Niveles de degradación de la vegetación del Chaco árido. Una Aproximación cuantitativa a partir de imágenes satelitales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Serie de publicaciones del área de investigaciones del INTA EEA La Rioja. Ediciones del INTA.
- Butti, LR. 2015. Composición botánica de la dieta de novillitos en un pastizal rolado en la región semiárida central de Argentina. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Arg. 99 p.
- Celaya Michel, H; F García Oliva; JC Rodríguez; & AE Castellanos Villegas. 2015. Cambios en el almacenamiento de nitrógeno y agua en el suelo de un matorral desértico transformado a sabana de buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link). *Terra Latinoamericana*, 33(1), 79-93.
- Campbell, CA; M Schnitzer; JW Stewart & VO Selles, F. 1986. Effect of manure and P fertilizer on properties of a Black Chernozem in Southern Saskatchewan. *Can J. Soil Sci.* 66: 601-613.
- Carnicer, S; MS Shindo; GL Pérez & MC Leconte. 2020. Evaluación del Carbono, Nitrógeno y Fósforo en Suelos con Compost de Aserrín de Algarrobo y Estiércol En Chaco. 2020. En *Actas XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo / coordinación general de Humberto Carlos Dalurzo*. Compiladores: Diana Marcela Toledo; Ruth Perucca; Sandra Perucca. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2020.
- Centro de Información Meteorológica (C.I.M). 2021. Servicio Meteorológico Nacional. Ministerio de Defensa. Presidencia de la República Argentina. Datos públicos.
- De León, M. 2004. Las pasturas subtropicales en la región semiárida central del país. Informe técnico N°1. Ampliando la frontera ganadera. EEA Manfredi. INTA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimento. [web:www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodani/deleon/calicarne.htm](http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodani/deleon/calicarne.htm)
- Di Rienzo JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo, InfoStat versión 2018, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- González Sotelo A; V Eguiarte & M. Galina. 1996. Aplicación y efecto residual del estiércol en la producción y calidad del buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Texas-4464) en el trópico seco. *Pastos y Forrajes*, 19(2).Govaerts, B; KD Sayre y J Deckers. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Till. Res.* 87: 163-174.
- Ibarra Flores, FA & M Martín Rivera. 1995. Establecimiento del Zacate. En: *Guía Práctica para el Establecimiento, Manejo y Utilización del Zacate Buffel*. Capítulo II. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. México. Disponible en <http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P95009.html>
- Ibarra Flores, F; M Rivera & F Ramirez. 2004. El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. *Técnica Pecuaria en México* 42: 1-16.
- Kuhn, NV; MS Larroulet & EN Hepper. 2020. Propiedades Químicas de un Suelo a Partir de la Aplicación de Diferentes Tratamientos para la Recuperación del Bosque de Caldén. En *Actas XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo / coordinación general de Humberto Carlos Dalurzo*. Compiladores: Diana Toledo; Ruth Perucca; Sandra Perucca. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2020.
- Kunst, C; R Ledesma & M Navall. 2008. RBI: Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Ediciones INTA, pp. 32-40.
- Larroulet, M; E Hepper & J Galantini. 2018. Fracciones de Carbono en un Suelo del Caldenal Pampeano con Rolado Selectivo y Quema Prescripta. En: *Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo; compilado por Gerardo Agustín Sanzano ... (et al.)*. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: AACS, 2018. Pag 164.
- Mazzilli, SR; AR Kemanian; O Ernst; RB Jackson & G Piñeiro. 2014. Priming of soil organic carbon decomposition induced by corn compared to soybean crops. *Soil Biol. Biochem.* 75:273-281.
- Mazzilli, SR; AR Kemanian; O Ernst; RB Jackson & G Piñeiro. 2015. Greater humification of belowground than aboveground biomass carbon into particulate soil organic matter in no-till corn and soybean crops. *Soil Biol. Biochem.* 85:22-30

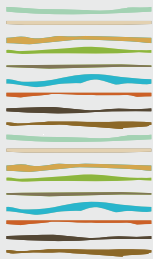




- Moldes, A; Y Cendón & MT Barral. 2007. Evaluation of municipal solid wastecompost as a plant growing media component, by applying mixture design. Sciencedirect.
- Nelson, DW & LE Sommer. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. Page A. L., R. H. Milles y D. R. Keeney (Eds.). In Methods of Soil Análisis. Part 2. 2ª Ed. Agronomy Monography. 9. ASA and SSSA. Madison. WI: 570 – 574.
- Stocking M & J Albaladejo. 1994. Refuse isn't rubbish! Ambio 23:229-232.
- Shiralipour, A; DB McConnell & WH Smith. 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application, Biomass and Bioenergy
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. USDA-NRCS. 12 th. Edition.
- Tan, Z; R Lal; L Owens & RC Izaurralde. 2007. Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land use and tillage practice. Soil Till. Res. 92(1): 53-59.
- Vázquez, J & O Loli. 2018. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gyp-sophila paniculata*. Scientia Agropecuaria, 9(1), 43-52.







## **COMPARACIÓN DE ENMIENDAS SOBRE UN SUELO CON ALTO NIVEL DE SODIO. ENSAYO MACETERO**

Ballesterero J.<sup>1</sup>, M. Barbazán<sup>1</sup>

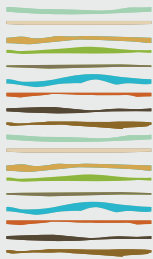
<sup>1</sup>Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía de la Universidad de la República:  
Avenida Eugenio Garzón 780, Montevideo, Uruguay. [jballesterero@fagro.edu.uy](mailto:jballesterero@fagro.edu.uy)

### **RESUMEN**

Un alto nivel de sodio (Na) intercambiable afecta en forma negativa las propiedades del suelo y, por tanto, dificulta el desarrollo de los cultivos. Una de las técnicas para disminuir el exceso de Na en el suelo es la aplicación de una fuente de calcio (Ca) que desplace al Na en el complejo de intercambio catiónico y, a su vez, forme sales muy solubles fácilmente desplazables de la zona de enraizamiento. El objetivo del trabajo fue evaluar, en condiciones de invernáculo, el efecto de algunas enmiendas químicas, orgánicas y combinaciones sobre un suelo con niveles altos de Na. Se tomaron aproximadamente 25 kg de los primeros 20 cm de un suelo con niveles de relación de adsorción de Na (RAS) de 4,52 ubicado en la Estación Experimental Mario Cassinoni (EMMAC), Paydandú, Uruguay. Se emplearon macetas para elaborar microlisímetros y cada 30 días se recolectó el lixiviado de 250 mL de agua desionizada, durante tres meses de experimentación. En cada maceta se colocaron 1000 g de suelo y se le usaron 5 enmiendas, por triplicado, en las dosis: cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), 2250 kg  $\text{ha}^{-1}$ ; yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), 2500 kg  $\text{ha}^{-1}$ ; yeso con estiércol vacuno, 2500 kg más 40000 kg  $\text{ha}^{-1}$  respectivamente; estiércol vacuno, 40000 kg  $\text{ha}^{-1}$ ; y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), 1525 kg  $\text{ha}^{-1}$ ; más una muestra testigo. Se midió la concentración de Ca, Mg, K y Na en el lixiviado y en el suelo; pH (1:1 agua) y conductividad eléctrica (CE) (pasta saturada). El  $\text{CaCl}_2$  produjo una disminución en el RAS del 18 %, pero un aumento en la CE del 60 %. Los resultados del lixiviado y del suelo muestran que las enmiendas de yeso y yeso más estiércol fueron las que disminuyeron más el valor del RAS (en un 24 % aproximadamente, respecto al valor inicial) y del pH. La variabilidad de las enmiendas está relacionada directamente con la solubilidad y composición química de cada una de ellas. En conclusión, cuando se plantea escoger una fuente de calcio para mejorar las propiedades de un suelo sódico, no solo deben tenerse en cuenta la solubilidad de la enmienda sino también el efecto global sobre las propiedades.

**Palabras clave:** solubilidad, lixiviación, microlisímetros.





## ESTADO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS BAJO USO YERBATERO

Barbaro, S.E <sup>1</sup>, B.E. Iwasita<sup>1</sup>, M.N. Barnasthpol<sup>1</sup>

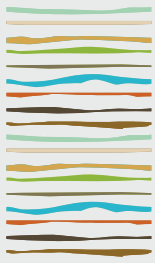
<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.  
Ruta Provincial 14, km 834. Prov. de Misiones. barbaro.sebastian@inta.gob.ar

### RESUMEN

La Yerba Mate (*Ilex Paraguariensis* St. Hil), es una especie originaria en el Sur de Brasil, Noreste Argentino, Este de Paraguay y Noroeste de Uruguay. Se cultiva en los suelos denominados "Rojos" generalmente de los órdenes Ultisoles y Alfisoles, caracterizados por una buena profundidad efectiva pero de mediana a baja fertilidad química. Monitorear el estado de los suelos destinados al cultivo de la yerba mate resulta de principal interés debido al impacto en la economía de la región. En articulación con el Instituto Nacional de la Yerba mate (INYM) se trabajó en la caracterización química con el objetivo de conocer el estado de fertilidad y capacidad de nutrir a los cultivos de yerba mate de la región. Se llevó adelante un muestreo en diferentes parcelas de yerba mate distribuidas por toda la zona productora de Misiones y noreste de Corrientes. Para tener un mayor detalle del estado de fertilidad se procedió a agrupar los sitios de muestreo de acuerdo a las zonas agroeconómicas homogéneas de cada provincia. De cada parcela se tomó una muestra compuesta al azar de los primeros 20 cm de profundidad. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelo de INTA EEA Cerro Azul. Sobre un total de 592 muestras se realizaron las determinaciones químicas de MO fác. oxi., Nitrógeno, Fósforo, Bases de intercambio, y pH actual y potencial. Se utilizó estadística descriptiva para obtener los valores generales de nutrientes y análisis de componentes principales para ver el grado de asociación entre los elementos nutricionales y las zonas como así también un ANOVA para ver si existían diferencias estadísticas entre las zonas. Los promedios obtenidos para los análisis químicos fueron 2.36% MO fác. oxi., 0.17% N, 3.8 ppm P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0.5 cmolc/100g K, 5.2 pH en agua, 4.7 cmolc/100g Ca, 1.4 cmolc/100g Mg y 0.1 cmolc/100g Na. Según los niveles esperados en la región yerbatera se considera que el contenido en materia orgánica es regular, Nitrógeno total regular, Fósforo extractable malo, el pH es regular y los niveles son buenos en las bases de intercambio. En el análisis de componentes principales se observa una relación entre la MO fác. oxi., y el nitrógeno con el Noreste, la zona del Noroeste está relacionada con buenos valores de bases, y la zona del Noroeste de Ctes. con la mayor presencia de fósforo. Mediante el ANOVA se obtuvieron diferencias significativas para distintos nutrientes de acuerdo a la zona en cuestión. La mayor fertilidad de suelo se encuentra en las zonas del Noreste seguida por el Noroeste, sin embargo todos los elementos nutricionales evaluados se encuentran en niveles críticos y requieren ser manejados para aumentar su contenido en suelo. Este trabajo aporta información necesaria para la recomendación de prácticas de manejo de suelo tendientes a mejorar la fertilidad general del sistema suelo-planta. También aporta datos para la correcta planificación de planes de fertilización y posibles proyectos con enfoque territorial para corregir deficiencias nutricionales en los suelos de acuerdo a las zonas evaluadas.

**Palabras clave:** Suelo, fertilidad, yerba mate.





## **USO DEL POLVO DE ROCA BASÁLTICA PROCEDENTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES COMO CORRECTOR DE PH**

Barbaro, L.A.<sup>1\*</sup>, B.E. Iwasita<sup>1</sup>, M.A. Karlanian<sup>2</sup>, E. Rubio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EEA Cerro Azul, INTA;

<sup>2</sup> Instituto de Floricultura, INTA.

\*Ruta Nacional 14. Km. 1085 (N3313) Cerro Azul, Prov. de Misiones, barbaro.loreana@inta.gob.ar

### **RESUMEN**

En un sustrato, el rango recomendado de pH para la mayoría de las plantas cultivadas en contenedor es entre 5,3 a 6,8. En la provincia de Misiones, el compost de corteza de pino (CCP) es muy utilizado como sustrato y generalmente su pH es inferior a 5,8. Por lo tanto, se recomienda realizar una corrección previa, siendo la dolomita la más empleada para tal fin. Por otro lado, en la provincia existen explotaciones de roca basáltica toleítica para la producción de áridos y se obtiene un residuo fino llamado "polvo de roca basáltica" (PRB). El objetivo de este trabajo fue evaluar el PRB como corrector para incrementar el pH del CCP vs la dolomita. Para el ensayo se conformaron siete tratamientos con tres repeticiones: un testigo sin corrección, 1, 2 y 3 g de dolomita y 0,74; 1,48 y 2,22 g de PRB por litro de compost. Cada unidad experimental era una bolsa plástica con 5 litros de compost más el corrector. A la dolomita y al PRB se les analizó el porcentaje de CaO, MgO, de partículas >2mm; 2 a 1mm, 1 a 0,250mm y <0,250mm, para calcular el Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT). Al inicio, cada siete días y al finalizar el ensayo se midió el pH y la conductividad eléctrica (CE) de cada tratamiento. Además, al finalizar el ensayo se midió la concentración de calcio, magnesio, potasio, zinc, manganeso, cobre, hierro y fósforo. El PRB tuvo mayor porcentaje de calcio y la dolomita de magnesio, ambos presentaron altos valores de PRNT. De menor a mayor dosis de dolomita se obtuvieron valores de pH entre 6,0 a 7,3 y de PRB entre 5,9 a 6,7. La disponibilidad de fósforo, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre decreció con el aumento del pH. En cambio, la del calcio, magnesio y potasio se incrementó. El PRB evaluado es un corrector alternativo para incrementar el pH del CCP.

**Palabras clave:** polvo de roca basáltica, compost de corteza de pino, sustrato.

### **INTRODUCCIÓN**

Una característica a considerar en los sustratos antes de su uso es el pH, cuyo rango recomendado para la mayoría de las plantas cultivadas en contenedor es entre 5,3 a 6,8 (Abad et al., 2001). En este rango la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad (Barbaro et al., 2021). En la provincia de Misiones, uno de los componentes más empleados para la formulación de sustratos es el compost de corteza de pino (CCP), producto final del compostado de materiales provenientes de aserraderos y descortezadoras de madera. En la formulación del sustrato se lo emplea en forma pura o en mezcla con otros componentes como turbas, cascarilla de arroz, fibra de coco u otros compost.

En general, el CCP empleado en la provincia posee valores de pH inferiores a 5,8 (Barbaro et al., 2019). Por lo tanto, en especial si se lo utiliza en forma pura, se recomienda realizar una corrección previa. En este sentido, se sugiere la adición de calcáreos, siendo la cal dolomítica ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) la más empleada para dicho fin (Altland & Jeong, 2016; Shreckhise et al., 2019). Es de destacar que la calidad de los correctores depende de los siguientes factores: pureza del material, forma química, tamaño de las partículas y poder relativo de



neutralización total (PRNT) (Veloso et al., 1992).

Por otro lado, los suelos rojos profundos de la provincia de Misiones ocupan el 32,7% de la superficie, representado principalmente por Ultisoles y, en menor medida, por Alfisoles y Oxisoles. Estos suelos fueron originados a partir de la profunda alteración de la roca basáltica toleítica de la Formación Serra Geral, mediante intensos procesos de meteorización (Moretti et al., 2020). Estas rocas basálticas son de origen volcánico y tienen entre 45 a 52% de  $\text{SiO}_2$ , presentan una coloración oscura, normalmente gris o negra, y cuando se alteran pueden presentar coloraciones rojizas, verdosas o pardas (Ciccioli, 2017). La mineralogía primaria del basalto está dominada por plagioclasas cálcicas, piroxenos y otros minerales accesorios como óxidos de hierro, cuarzo y olivina (Teruggi, 1955).

La roca poco alterada actualmente es explotada para la producción de áridos mediante canteras a cielo abierto, empleados tradicionalmente para la obtención de triturados pétreos y como roca para la construcción civil (Ciccioli, 2017). De esta explotación, en la planta de trituración se obtiene un residuo fino comúnmente llamado “polvo de roca basáltica” o “harina de roca”. Si bien, este residuo ha sido estudiado como fertilizante y enmienda de suelos (Swoboda et al., 2022), aún la investigación sobre su uso es limitada, en especial como aditivo en los sustratos. En base a lo mencionado, el objetivo de este trabajo fue evaluar el polvo de roca basáltica de bajo grado de alteración como corrector para incrementar el pH del CCP utilizado como sustrato en comparación con la dolomita.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Cerro Azul, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Misiones, Argentina (27° 37' S, 55° 26' O).

Para el ensayo se utilizó un CCP elaborado en la provincia de Misiones por Interamericana S. A., cuyo valor de pH era 4,97; CE, 0,51dS  $\text{m}^{-1}$ ; densidad aparente, 192  $\text{kg m}^{-3}$ ; humedad, 52%; espacio poroso total, 88%; poros con aire, 51%; capacidad de retención de agua 37%; materia orgánica, 81%; partículas mayores a 3,5 mm, 18%; partículas entre 3,5 y 1 mm, 47% y partículas menores a 1mm, 35%. Cal dolomítica marca MICARGENTINA® y polvo de roca basáltica (PRB) proveniente de la cantera Nedel-PetreoMix ubicada en Puerto Rico, Misiones.

Se conformaron siete tratamientos con tres repeticiones: un testigo sin corrección y 3 dosis de cada corrector. Las dosis se establecieron igualando el contenido de CaO (dosis A: 38,9%, dosis B: 77,8% y dosis C: 116,7%). Por lo tanto, las dosis fueron: 1, 2 y 3 g de dolomita y 0,74; 1,48 y 2,22 g de PRB por litro de compost. Cada unidad experimental era una bolsa de polietileno semi cerrada que contenía 5 litros de compost más el corrector, la cual semanalmente se agitaba para oxigenar el compost y se incorporaba 250 ml de agua destilada para mantener la humedad (50%). El ensayo finalizó a los 31 días de incorporado el corrector. En el Laboratorio de Suelos, Sustratos y Material vegetal de la EEA Cerro Azul se analizó a la dolomita y al PRB el porcentaje de partículas >2mm; entre 2mm a 1mm, entre 1 a 0,250 mm y <0,250 mm, mediante una tamizadora vibratoria durante 10 minutos en forma intermitente (Ansorena Miner, 1994). El % de CaO y MgO mediante digestión nitro perclórica (AOAC, 2000). Y con los datos obtenidos, se calculó la Eficiencia Relativa (ER):  $(\% \text{CaO} \times 1,79) + (\% \text{MgO} \times 2,48)$ ; el Poder de Neutralización (PN): suma de cada tamaño de partícula mencionado multiplicado por 0; 0,2; 0,6 y 1 respectivamente; y el Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT):  $(\text{PN} \times \text{ER}) / 100$  (Tedesco et al., 1995).

Por otro lado, al inicio, cada siete días y al finalizar el ensayo se midió el pH y la conductividad eléctrica (CE) de cada tratamiento en una relación 1/5 vol/vol de compost/agua, con un conductímetro (Hanna®) y un medidor de pH (Oakton®) (Barbaro et al., 2021)). Además, al finalizar el ensayo se midió en el Laboratorio de Sustratos del Instituto de Floricultura del INTA se midió la concentración de calcio, magnesio, potasio, zinc, manganeso, cobre y hierro analizados en el filtrado de una solución 1/5 vol/vol, con un espectrofotómetro de absorción atómica (Varian®) y el fósforo con un espectrofotómetro de UV visible (Unicam®) mediante técnica colorimétrica de Bray and Kurtz, (1945). Los resultados se expresaron en  $\text{mg L}^{-1}$ .

Los datos de pH, CE y nutrientes obtenidos en el ensayo se sometieron a análisis de varianza y Test de Tukey



( $P < 0,05$ ) para comparación de medias. Con los valores semanales de CE de cada tratamiento se calculó el coeficiente de variación (CV). El software estadístico utilizado fue el programa InfoStat versión 2011 (Di Rienzo et al., 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El PRB tuvo mayor porcentaje de calcio y la dolomita de magnesio (Tabla 1). El mayor contenido de calcio en el PRB estaría relacionado con la presencia de plagioclasas y minerales ferromagnesianos ricos en calcio.

Tabla 1. Características de la dolomita y el polvo de roca basáltica (PRB). ER: Eficiencia relativa, PN: poder de neutralización, PRNT: poder relativo de neutralización total.

	Dolomita	PRB
Partículas >2mm (%)	0	0
Partículas 2mm - 1mm (%)	0	0
Partículas 1 -0,250 mm (%)	0	24
Partículas <0,250 mm (%)	100	76
CaO (%)	39	53
MgO (%)	27	5
<b>ER</b>	100	90
<b>PN</b>	133	106
<b>PRNT</b>	133	96

Si bien la dolomita presentó valores de ER, PN y PRNT mayores, el PRB tuvo valores alentadores (Tabla 1). En este sentido, el PN del PRB fue mayor al carbonato de calcio puro cuyo valor es: 100, material con el que se relacionan los correctores para conocer su capacidad de neutralización (Molina, 1998); la ER también fue alta, por lo que su fineza permitiría una adecuada velocidad de reacción (Molina, 1998). Además, según Koche et al., (1989) la clasificación de calcáreos para su comercialización y calidad se establece en rangos de PRNT: A) 45 a 60%; B) 60 a 75%; C) 75 a 90%; D) >90%. Es decir, que mientras mayor sea el PRNT, más reactivo es el material encalante y el PRB resultó tener un valor de PRNT en el rango D.

Por otro lado, aunque se realizaron mediciones semanales hasta el mes de incorporado cada corrector, a partir de los 10 días los valores fueron constantes (Figura 1).

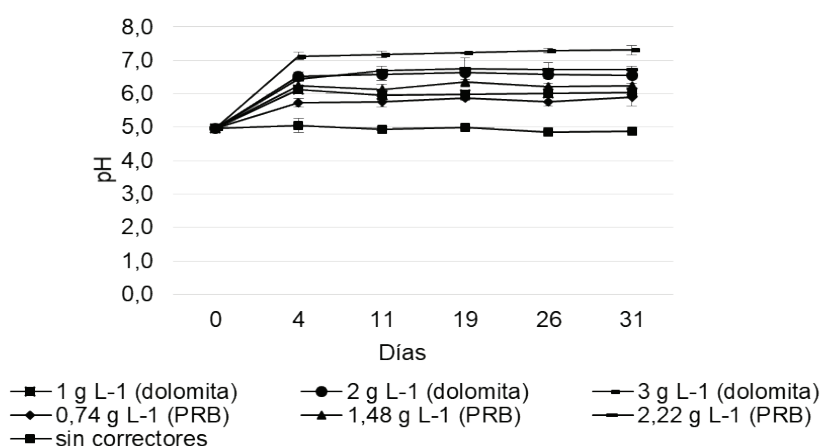


Figura 1. Valores de pH del CCP de cada tratamiento desde el inicio hasta el final del ensayo. PRB: Polvo de roca basáltica. Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

En los tratamientos con menor a mayor dosis de dolomita se obtuvieron valores de pH entre 6,0 a 7,3 y en los tratamientos con PRB entre 5,9 a 6,7 (Figura 1). Es decir, que ambos correctores incrementaron el pH del



compost de CCP. Con respecto al PRB, con 0,74 g L<sup>-1</sup> fue suficiente para subir 1 unidad de pH. En cambio, Aguiar et al. (2022) incorporaron 10, 20 y 30% de PRB a un sustrato comercial de pH: 5,9, el cual subió a 6,07, 6,09 y 6,12 respectivamente. Los autores recomendaron utilizar la menor dosis para no afectar las propiedades físicas del sustrato. En este caso, los autores emplearon un PRB con mayor alteración cuyo porcentaje de CaO era 9,9, menor al PRB evaluado en el presente trabajo.

Con respecto a los nutrientes solubles (Tabla 2), al finalizar la corrección se observó que la disponibilidad de fósforo disminuyó en todos los tratamientos en relación al compost no corregido, pero no hubo diferencia entre los tratamientos con menor dosis de ambos correctores y el tratamiento con compost sin corregir. En cambio, el potasio aumentó en todos los tratamientos corregidos en comparación al no corregido, observándose un aumento con el incremento de la dosis de cada corrector. La mayor concentración de potasio fue en el tratamiento con 3 g L<sup>-1</sup> de dolomita, el cual se diferenció de los restantes tratamientos (P <0,0001). La disponibilidad de calcio y magnesio en todos los tratamientos corregidos aumentó en comparación al compost no corregido, aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de menor dosis de ambos correctores y el compost sin corregir. Ambos nutrientes aumentaron con el incremento de las dosis, el tratamiento con 3 g L<sup>-1</sup> de dolomita tuvo las mayores concentraciones diferenciándose de los restantes (P <0,0001). Los tratamientos con PRB tuvieron las menores concentraciones de magnesio.

Tabla 2. Contenido de P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu y Fe soluble al final del ensayo. PRB: Polvo de roca basáltica, Dolom.: dolomita. Letras distintas de una misma fila indican diferencias significativas (P ≤ 0,05) test de Tukey.

Elemento (mg L <sup>-1</sup> )	CCP		CCP + 2 g L <sup>-1</sup> (Dolom.)		CCP + 3 g L <sup>-1</sup> (Dolom.)		CCP + 0,74 g L <sup>-1</sup> (PRB)		CCP + 1,48 g L <sup>-1</sup> (PRB)		CCP + 2,22 g L <sup>-1</sup> (PRB)		CCP sin corregir	
	1,99	ab	1,16	b	1,32	b	2,02	ab	1,67	b	1,67	b	2,85	a
<b>P</b>	1,99	ab	1,16	b	1,32	b	2,02	ab	1,67	b	1,67	b	2,85	a
<b>K</b>	56,18	d	78,73	b	97,25	a	54,99	d	68,75	c	76,62	b	34,19	e
<b>Ca</b>	2,99	e	33,41	c	97,88	a	4,33	e	25,13	d	49,37	b	1,6	e
<b>Mg</b>	2,70	de	50,89	b	143,73	a	2,19	de	5,01	d	12,23	c	0,76	e
<b>Zn</b>	0,27	a	0,14	a	0,15	a	0,13	a	0,15	a	0,13	a	0,22	a
<b>Mn</b>	0,23	a	0,19	b	0,13	d	0,24	a	0,21	b	0,15	c	0,25	a
<b>Cu</b>	0,19	a	0,15	ab	0,10	bc	0,11	abc	0,09	bc	0,06	c	0,19	a
<b>Fe</b>	15,57	b	2,64	d	0,58	d	13,01	b	12,08	bc	6,06	cd	31,49	a

Con respecto a los micronutrientes, no hubo diferencias significativas en la concentración de zinc entre todos los tratamientos (P: 0,0755). El manganeso presentó menor concentración en los tratamientos con mayor dosis de ambos correctores con diferencias significativas (P <0,0001). La concentración de cobre fue mayor en el tratamiento sin corrección y con 1 g L<sup>-1</sup> de dolomita y se diferenciaron de los tratamientos con 3 g L<sup>-1</sup> de dolomita, 1,48 g L<sup>-1</sup> y 2,22 g L<sup>-1</sup> de polvo roca basáltica (P <0,0001). La concentración de hierro fue mayor en el tratamiento sin corrección diferenciándose de los restantes tratamientos (P <0,0001). Además, su concentración fue disminuyendo desde la menor a mayor dosis de cada corrector.

Los resultados obtenidos fueron coincidentes por los alcanzados por Peterson (1980) y Altland & Buamscha (2008), quienes cuantificaron en sustratos orgánicos la solubilidad de nutrientes en diferentes niveles de pH. Los autores concluyeron que la disponibilidad de fósforo, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre decrece con el aumento del pH. En cambio, la concentración de calcio y magnesio se incrementa. En relación a esto último, es de destacar que tanto el calcio como el magnesio provenientes de los correctores se liberan y están potencialmente disponibles para la absorción de la planta (Altland & Jeong, 2016). Peterson (1980) informó que la disponibilidad de potasio no fue afectada por el pH en sus ensayos, contrario a los resultados obtenidos en el presente trabajo y en el de Altland & Buamscha (2008) quienes observaron un aumento a partir de pH: 6.





La CE en los tratamientos durante el mes de corrección fue baja, los valores finales (0,49 a 0,53 dS m<sup>-1</sup>) fueron similares a los iniciales (0,48 a 0,50 dS m<sup>-1</sup>). En este sentido, valores bajos de CE en un sustrato permite el manejo de los nutrientes minerales según los requerimientos del cultivo mediante la fertilización (Landis et al., 2000). Por otro lado, el CV también fue bajo, para los tratamientos con 1, 2 y 3 g de dolomita fue de 2,44; 4,16 y 4,20 y para los tratamientos con 0,74; 1,48 y 2,22 g de PRB fue de 5,23; 5,38 y 4,16 respectivamente.

## CONCLUSIONES

El PRB poco alterada fue efectivo para subir el pH del CCP a los valores recomendables para su uso como sustrato, con baja variación de la CE. Con la incorporación de 0,74 g L<sup>-1</sup>, el compost cuyo valor inicial de pH era: 4,97, en 10 días se estabilizó y subió a: 5,89. Tanto con dolomita como con PRB, la disponibilidad de fósforo, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre decreció con el aumento del pH. En cambio, la concentración de calcio, magnesio y potasio se incrementó. El PRB es una alternativa viable para su uso como corrector del pH.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M; P Noguera & S Burés. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresour. Technol.* 77(2):197-200.
- Aguiar, NS, ADF Mastella; MM Gabira; LS Walter; FC Felix; DCP Matos; I Wendling; AC Angelo; RGB Gaspar & D Kratz. 2022. Pó de rocha basáltica incorporado ao substrato favorece o crescimento inicial de mudas de *Monteverdia ilicifolia*. *Pesq. flor. bras.* 42:1-9.
- Altland, JE & KY Jeong. 2016. Dolomitic lime amendment affects pine bark substrate pH, nutrient availability, and plant growth: A review. *HortTechnology* 26(5):565-573.
- Altland, JE; MG Buamscha & DA Horneck. 2008. Substrate pH affects nutrient availability in fertilized Douglas Fir Bark substrates. *HortScience* 43(7):2171-2178.
- Ansorena Miner, J. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. p. 172. 1ª ed. Mundi prensa, Madrid, España. 172 pp.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 17th edition. Vol. I y II. Ed. Dr. W. Horwitz. Maryland. USA.
- Barbaro LA; D Sisaro; S Stancanelli & MS Soto. 2021. Polvo de ladrillo como sustrato para techos verdes extensivos. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 37(1):81-91.
- Barbaro LA; MA Karlanian; P Rizzo & N Riera. 2019. Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 5(2):126-136.
- Bray, RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45
- Ciccioli, SE. 2017. Caracterización geológica y ambiental del área de Eldorado, provincia de Misiones: aptitud de los materiales geológicos para uso cerámico y otros alternativos Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & YC Robledo. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>, (8):195-199.
- Koche, A; J Hanasiro; AD Santos; AMS Romero; MD Lavigne; JA Guidolin & JC Alcarde. 1989. Análise de corretivos agrícolas. São Paulo: Associação Nacional para difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. 30 pp.
- Landis, TD; RW Tinus; SE McDonald & JP Barnett. 2000. Manual de viveros para producción de especies forestales en contenedor. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal. Washington, Estados Unidos. 67 pp.
- Molina, E. 1998. Acidez de suelo y encalado. ACCS, San José de Costa Rica. 45 pp.
- Moretti, LM; HJM Morras; SE Barbaro & FA Alvarenga. 2020. Susceptibilidad magnética y posibilidad de aplicación para la génesis y cartografía de suelos de Misiones. 27 Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Corrientes, Argentina. p. 1386-1391.
- Peterson, JC. 1982. Effects of pH upon nutrient availability in a commercial soilless roots medium utilized for floral crop production. Ohio State University and Ohaio Reseach and Develoment Center. Cir. 268. 19 pp.
- Shreckhise, JH; JS Owen Jr; MJ Eick; AX Niemiera; JE Altland & SA White. 2019. Dolomite and micronutrient fertilizer affect phosphorus fate in pine bark substrate used for containerized nursery crop production. *Soil Sci Soc Am J.* 83(5):1410-1420.
- Swoboda, P; TF Döring & M Hamer. 2022. Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. *Sci. Total Environ.* 807: 150976.



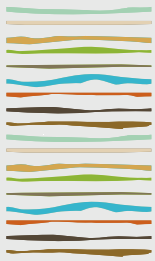
Tedesco, MJ; C Gianello; CA Bissani; H Bohnen & SJ Volkweiss. 1995. Análises de solo, plantas e outros materiais, Porto Alegre. 174 pp.

Teruggi, M. 1955. Los basaltos tholeííticos de Misiones. Notas Museo de La Plata, XVIII, Geol. N° 70:259-278.

Veloso, CAC; AL Borges; AS Muniz & IA Veigas. 1992. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. Scientia Agricola, 49:123-128.







## EFFECTO DEL MANEJO DE LOS SUELOS SOBRE LA INFILTRACIÓN DE HAPLUDOLES DEL NOROESTE BONAERENSE

Barraco, M.R.<sup>1\*</sup>, C.A. Alesso<sup>2,3</sup>, Eugenia Oggero<sup>3</sup>, S. Imhoff<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>INTA Estación Experimental Agropecuaria General Villegas;

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Litoral,

<sup>3</sup>ICiAgro Litoral CONICET;

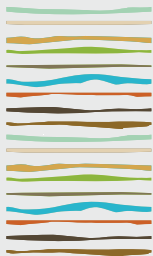
\*San Martín 26, (6230) General Villegas, Pcia de Buenos Aires. barraco.miriam@inta.gob.ar

### RESUMEN

El ingreso del agua en el suelo depende de propiedades tales como la textura, la estructura y la porosidad. Estas dos últimas pueden modificarse por el manejo de los suelos, como la secuencia de cultivos. En el noroeste bonaerense durante los últimos 25 años se produjo un reemplazo de los sistemas mixtos de producción por sistemas de agricultura continua. Este cambio se dio bajo prácticas de siembra directa y en lotes con consociaciones de suelos de aptitud agrícola (Hapludoles Típicos, HT) y de aptitud ganadera agrícola (Hapludoles Thaptos, HTh). Algunos antecedentes muestran deterioro de propiedades físicas como la infiltración en HT manejados en agricultura continua con baja frecuencia de gramíneas, mientras que en HTh no existe información disponible. El objetivo de este trabajo fue evaluar la infiltración acumulada (InfAc) e infiltración básica (IB) en HT y HTh con tres secuencias de cultivos. En tres localidades se seleccionaron tres lotes con sectores de HT y HTh con diferentes Manejos: pastura perenne de más de 20 años (PP), secuencia agrícola por más de 20 años con participación de gramíneas  $\geq 50\%$  (Bien Rotado) y  $\leq 30\%$  (Mal Rotado), respectivamente. Se realizaron mediciones de infiltración con el método del anillo simple durante 90 minutos. En cada combinación de Manejo\*Suelo se emplearon entre 10 y 12 anillos. La IB se estimó por la ecuación de Horton. Se realizó un análisis descriptivo, regresión y ANOVA según un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar, considerando al Manejo como parcela principal, al tipo de suelo como subparcela y la localidad como bloque. Según el criterio de AIC se seleccionó un modelo para varianzas heterogéneas. La InfAc varió entre 290 y 584 mm con un valor promedio de 140 mm ( $\pm 94$  mm), y en promedio fue de 169, 142 y 94 mm, para PP, Bien Rotado y Mal Rotado, respectivamente. A pesar de que los lotes Mal Rotados presentaron un 44% menos de InfAc que la PP estas diferencias no resultaron significativas ( $p=0,30$ ). Tampoco se observaron diferencias entre suelos ( $p=0,71$ ) con valores medios de 140 y 130 mm para HT y HTh, respectivamente, ni interacción entre estas variables ( $p=0,57$ ). La IB varió entre 8 y 383 mm con un valor medio de 81 mm ( $\pm 66$  mm) y fue de 100, 82 y 47 mm  $h^{-1}$  para PP, Bien Rotado y Mal Rotado, respectivamente, sin detectarse diferencias significativas ( $p=0,31$ ) a pesar de que el Manejo Mal Rotado presentó un 53% menos de IB que PP. Tampoco se observaron diferencias entre suelos ( $p=0,53$ ) con valores medios de 77 y 83 mm  $h^{-1}$  para HT y HTh, respectivamente, ni interacción entre estas variables ( $p=0,53$ ). La ausencia de diferencias estadísticas entre Manejos se debió fundamentalmente a la alta variabilidad, sesgado por valores de infiltración muy elevados. Por otro lado se observó una relación lineal significativa entre ambas variables ( $IB=0,683*InfAc-15,35$ ,  $R^2=0,93$ ,  $p<0,01$ ). Estos resultados son preliminares y forman parte de un estudio donde se evaluará el efecto sobre otras propiedades como porosidad y curvas de retención hídrica.

**Palabras clave:** captación de agua, agricultura continua, pasturas.





## ¿SE ENCUENTRA EN EQUILIBRIO EL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN LOS PASTIZALES NATURALES DE URUGUAY?

Bazzoni, B.<sup>1,\*</sup>, G. Piñeiro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> IFEVA-CONICET, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup> Departamento de sistemas ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República;

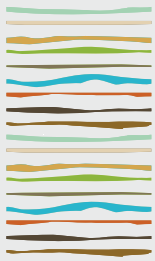
\*bbazzoni@agro.uba.ar

### RESUMEN

Los pastizales del Río de la Plata son unos de los biomas de pastizal más grandes del mundo donde aún se realiza producción ganadera sobre el pastizal natural. Actualmente existe una preocupación creciente sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y el secuestro de carbono orgánico del suelo (COS) por la ganadería en esta región. En este sentido, un trabajo de modelización observó que el pastoreo en el largo plazo favorece la exportación de nitrógeno, limitando la acumulación de COS. Por otra parte, un meta-análisis sugiere incrementos de COS a una tasa de  $1 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ , aunque no está exento de críticas. Y mediciones directas realizadas en la pampa argentina sugieren que no hubo cambios en la última década. En este contexto resulta importante conocer que está ocurriendo en los pastizales naturales que se mantienen bajo pastoreo desde hace décadas. Para ello, se realizó un remuestreo de sitios de pastizal que fueron originalmente muestreados entre 1970 y 1990 en los relevamientos de suelos estatales en Uruguay. El muestreo actual se realizó por horizontes edáficos para que fuese comparable con el muestreo inicial y las muestras fueron fraccionadas físicamente a  $53\mu\text{m}$  para obtener dos fracciones. La fracción de menor tamaño corresponde a la materia orgánica asociada a minerales (MOAM) se asocia a residuos microbianos y rizodeposición. Mientras que la materia orgánica particulada (MOP) es la de mayor tamaño y se compone por residuos vegetales con menor grado de descomposición. Se analizaron las diferencias en el tiempo para los contenidos de carbono y nitrógeno orgánico del suelo, así como los isótopos estables  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$  para cada horizonte y fracción. Nuestros resultados sugieren que durante los últimos 40 años los suelos de los pastizales naturales de Uruguay acumularon COS a una tasa promedio de  $0,187 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  para todo el perfil del suelo ( $n=36, p<0,05$ ). Los cambios se observaron principalmente en el horizonte superficial, donde la tasa de cambio promedio fue de similar magnitud en ambas fracciones evaluadas ( $95 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ,  $p<0,01$  en la MOAM y  $57 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $p<0,001$  en la MOP). Resultados similares se observaron para la tasa de cambio de nitrógeno, con aumentos significativos para todo el perfil de  $13,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en promedio para todos los sitios ( $n=36, p<0,05$ ). Los cambios más importantes también se observaron en el horizonte superficial, donde el aumento fue mayor en la MOAM ( $9,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $p<0,05$ ) respecto a la MOP ( $3,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $p<0,05$ ). A su vez, la acumulación de COS estuvo asociada con un aumento de la relación C:N de la materia orgánica. Los aumentos de COS no se relacionaron con variables edáficas, climáticas o relacionadas al manejo agropecuario. Sin embargo, el marcado aumento en la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  podría estar favoreciendo tanto la acumulación de COS como el aumento de la relación C:N. Igualmente, la acumulación observada de COS no es suficiente para contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero de la actividad ganadera en los pastizales naturales.

**Palabras clave:** carbono orgánico del suelo, pastizales naturales, fraccionamiento físico.





## COMPORTAMIENTO HIDROFÍSICO Y REOLÓGICO DE MEZCLAS DE BIOSÓLIDO Y SOPORTE EDÁFICO. PARTE I. ENSAYO EN MACETAS

Lucesoli, M.V.<sup>1</sup>, D. Sainz<sup>1</sup>, P.L. Fernández<sup>1,2</sup>, M.P. Fontana<sup>3</sup>, M.G. Altina<sup>3</sup>, R.M. Pontiggia<sup>3</sup>, F. Behrends Kraemer<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup> CONICET;

<sup>3</sup> Área de Desarrollo e Innovación. TECSAN Ingeniería Ambiental. Benito Roggio Ambiental.

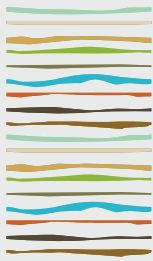
\*Ciudad Autónoma de Buenos Aires. [\\*filipebk@agro.uba.ar](mailto:filipebk@agro.uba.ar)

### RESUMEN

Los biosólidos poseen gran contenido de materia orgánica y al ser incorporados al suelo pueden mejorar su agregación, estructura y comportamiento hidrológico. En la búsqueda de un uso alternativo y, en concordancia con los objetivos de desarrollo sostenible hacia 2030, se los propone para la conformación de Tecnosoles a ser utilizados como cobertura final de los módulos de los rellenos sanitarios. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el comportamiento hidrofísico y la aptitud para el crecimiento vegetal de: biosólido (B 50,2 %  $MO_{cal}$ ) sólo o en mezclas volumétricas con fracciones del horizonte A y C (HA 1,2% COx, HC 0,4 % COx). Para ello se realizó un ensayo en macetas de 6 tratamientos dispuestos al azar de solo HA, HC y B (1, 2 y 3), 50% B+50% HA (4), 50% B+50% HC (5) y 50% B+25% HA+25% HC (6). Luego de 6 ciclos de humedecimiento-secado para homogeneizar el material se procedió a la determinación de variables físicas, hidrológicas y químicas: densidad de partícula (Dp), densidad aparente (Dap), porosidad total (PT), conductividad hídrica saturada (Ks), hidrofobicidad y carbono oxidable (COx). También, se definieron los límites de Atterberg y construyeron las curvas de retención hídrica (CRH). Se evidenció una disminución de la Dp, Dap y PT en todos los tratamientos que incluyeron biosólidos. Así mismo, fueron los tratamientos que tuvieron un mayor contenido de COx. Los tratamientos 4 y 5 se mostraron altamente repelentes en las pruebas de hidrofobicidad (>60 s). A partir del cálculo del Agua Útil (AU) se observa que estas mezclas con biosólidos se encuentran en rangos ideales para el crecimiento y funcionamiento de raíces ( $AU \geq 0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) y, a pesar de la alta variabilidad en la determinación en laboratorio de la Ks, se encontraron en rangos óptimos de Ks para suelos agrícolas (>18 mm h<sup>-1</sup>). En las determinaciones reológicas, las mezclas con biosólido resultaron altamente plásticas (Índice plástico >30) sin importar el soporte edáfico acompañante. El aumento de CO debido al aporte de biosólidos promovió la agregación del suelo, reflejada en la disminución de la Dap y su consecuente aumento de PT. Esta condición favorece el almacenamiento de agua evidenciado en el aumento del AU. Si bien este parámetro pudo verse afectado por la presencia de poliacrilamidas en el biosólido, el agua puede moverse sin impedimentos en la matriz del suelo. Éstas son características favorables ante condiciones predisponentes de erosión hídrica como lo son las pendientes pronunciadas presentes en los módulos de los rellenos sanitarios. La plasticidad de las mezclas puede generar inconvenientes en la maniobrabilidad del material al momento de ser aplicado en grandes extensiones, sin embargo es menos evidente en la mezcla con horizonte C. Los resultados comprueban que la incorporación de biosólidos permite mejorar propiedades hidrofísicas y que son una alternativa posible en la recomposición de ambientes degradados o como cobertura de rellenos sanitarios a través de la elaboración de Tecnosuelos.

**Palabras clave:** Tecnosoles, materia orgánica, relleno sanitario.





## COMPORTAMIENTO HIDROFÍSICO Y REOLÓGICO DE MEZCLAS DE BIOSÓLIDO Y SOPORTE EDÁFICO. PARTE II. ENSAYO EN RELLENO SANITARIO

Behrends Kraemer, F.<sup>1,2,\*</sup>, M.V. Lucesoli<sup>1</sup>, P.L. Fernández<sup>1,2</sup>, M.P. Fontana,<sup>3</sup> M.G. Altina<sup>3</sup>, R.M. Pontiggia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup> CONICET;

<sup>3</sup> Área de Desarrollo e Innovación. TECSAN Ingeniería Ambiental. Benito Roggio Ambiental.

\*Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

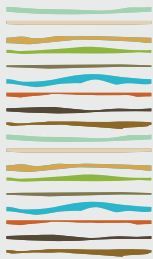
\*filipebk@agro.uba.ar

### RESUMEN

A partir de los resultados de laboratorio (Parte I), se procedió a la evaluación a campo (Complejo Ambiental Norte III) de propiedades hidrofísicas cuyos tratamientos fueron las siguientes mezclas finales: biosólido (efluente cloacal luego de un proceso de digestión anaeróbica y posteriormente centrifugado) y suelo del Horizonte C, ( $\approx 70$  y  $\approx 7 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  de humedad, respectivamente; relación 1/1), y las fases operativas de aplicación de la mezcla: Fase 1A: 25-30 cm distribuidos en una sola etapa. Fase 1B: I- 15 cm de producto, II- Después de 3-4 días de secado se compacta y alisa, III- Adición de la segunda capa. Fase 2: igual a Fase 1B con un lapso de un mes. El material fue dispuesto como cierre (*capping*) de relleno sanitario reemplazando el convencional con horizonte A que tiene diversos inconvenientes de índole ambiental y económico. Por ello, la utilización de soportes edáficos, en abundancia y de bajo costo, como el horizonte C y su mezcla con biosólidos presentan una alternativa a evaluar y oportunidad de uso como soporte de vegetación. La densidad aparente presentó valores bajos y similares entre los estratos evaluados (0-5 y 5-10 cm, 1,07 y 1,01  $\text{Mg m}^{-3}$ ), pudo relacionarse con el poco tiempo de asentamiento del material en el lugar como por la baja densidad de partícula del producto utilizado. Las constantes hídricas, capacidad de campo (0,54  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) y punto de marchitez permanente (0,44  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), fueron altos, con baja capacidad de agua disponible (CAD) ( $\sim 0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Respecto a la capacidad de aire, los valores hallados (0,14  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) fueron superiores a los de referencia ( $> 0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Se estima que la CAD y CA están relacionadas con la adsorción y desorción de agua por la poliacrilamida, por lo cual, se espera una disminución de la retención de agua en el tiempo. Este error estaría en el orden de los 10 a 15%, verificado por magnitudes semejantes en los procesos de expansión y contracción del material. Los resultados encontrados de conductividad hidráulica saturada para la Fase I-A y I-B (4,7 y 5,4  $\text{mm h}^{-1}$ , respectivamente) se diferenciaron de la Fase II (9,3  $\text{mm h}^{-1}$ , valores asociados a suelos mal estructurados). La hidrofobicidad (WDPT) fue similar en los distintos estratos y para las distintas fases. En superficie es moderada (5 s), en 0-5 cm disminuyó (4 s) y se incrementó en profundidad (10-20 cm, 9 s). En general, no se detectaron grandes diferencias entre las fases operativas. No obstante, en la Fase I-A se observaron comportamientos heterogéneos debido a un mezclado deficiente. Los valores de densidad, constantes hídricas y aireación resultaron adecuados para crecimiento vegetal. La WDPT es moderada y dado que depende de la estabilidad de la materia orgánica, se espera que disminuya con el correr del tiempo. Considerando estos comportamientos, los resultados de la mezcla y las fases operativas fueron exitosas en términos hidrofísicos y como soporte vegetal.

**Palabras clave:** Tecnosoles, biosólido, variables hidrofísicas.





## **CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO PREFERENCIAL EN LABORATORIO**

Bellora, G.L.<sup>1,\*</sup>, R. Villarreal<sup>1,2</sup>, L.A. Lozano<sup>1,2</sup>, M.P. Salazar<sup>1,2</sup>, N.G. Polich<sup>1,2</sup>, A. Rivero<sup>1</sup>, H. Simons<sup>1</sup>, C.G. Soracco<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Suelo para la Sustentabilidad Agrícola y Forestal (CISSAF), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP;

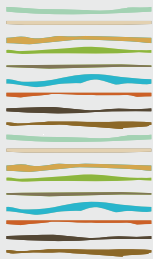
<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina;

\* Calles 60 y 119 (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina, guidobellora39@gmail.com.

### **RESUMEN**

El flujo preferencial (FP) es un fenómeno en el cual el agua que ingresa al suelo se desplaza rápidamente a través de vías preferenciales (bioporos y grietas) no quedando retenida en la matriz del suelo, esto deriva en un movimiento de agua y solutos hacia horizontes más profundos no quedando disponible para los cultivos. En la bibliografía se mencionan numerosas metodologías para su determinación y cuantificación siendo estas costosas (tomografía) o destructivas (seguimiento de tinturas). En este trabajo se propone una metodología en laboratorio para poder determinar la presencia de FP en muestras de suelo no disturbadas de manera rápida, repetible y con el menor costo posible. Los objetivos son: i - Elaborar una metodología en laboratorio que permita detectar la presencia de FP en muestras indisturbadas, ii - Inferir la presencia de FP mediante la utilización de sensores de humedad y potencial mátrico. El muestreo se realizó en el campo experimental Don Joaquín, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Dos tratamientos con distintas secuencias fueron muestreados: i - Soja sin barbecho invernal y ii - Soja con barbecho invernal (Ryegrass). Se extrajeron muestras no disturbadas de suelo del horizonte superficial, las mismas tienen un tamaño de 16 centímetros de diámetro por 30 centímetros de alto. Las muestras se saturaron desde la base y luego se las dejaron secar a temperatura y humedad ambiente para lograr un contenido de humedad inicial homogéneo. Se le colocaron 3 tensiómetros (T5 Tensiometer, METER Group, Inc. USA) y 3 sensores de humedad (TEROS 12, METER Group, Inc. USA) a distintas profundidades, todos conectados a un datalogger (DL6-Soil Moisture Logger, Delta-T Devices Ltd, UK). Se colocó sobre la muestra un infiltrómetro de disco a tensión y se realizó un ensayo de infiltración a tensión 0 cm. En la parte inferior de la misma se recolectó el agua que lixivió en distintos puntos de la base (delimitados por una grilla), paso siguiente se compararon las humedades y los valores de potencial en los distintos puntos medidos. El análisis de la variación de potencial y humedad a distintas profundidades junto con la cuantificación de las diferencias en el agua lixiviada permitieron inferir la presencia de FP, a su vez los pares de datos obtenidos por los sensores de humedad y potencial mátrico permitieron construir la curva de retención hídrica. La metodología propuesta permitirá cuantificar el fenómeno de FP bajo distintos sistemas de manejo.

**Palabras clave:** sensores de humedad, tensiómetros, infiltración.



## **TRÁNSITO REPETIDO SOBRE LA MISMA HUELLA Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.**

Bellora, G.L.<sup>1</sup>, C.G. Soracco<sup>1,2,\*</sup>, N.G. Polich<sup>1,2</sup>, M.P. Salazar<sup>1,2</sup>, R. Villarreal<sup>1,2</sup>, F. Guilino<sup>1</sup>, L.A. Lozano<sup>1,2</sup>, T.C. Palancar<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Suelo para la Sustentabilidad Agrícola y Forestal (CISSAF), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP;

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina;  
Calles 60 y 119 (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina, german.soracco@gmail.com.

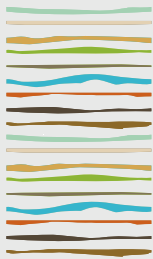
### **RESUMEN**

Con el aumento de la masa de las máquinas y el tráfico repetido se han ido incrementando los problemas de compactación. Además, frecuentemente se transitan los lotes en condiciones de baja capacidad portante generando una compactación superficial del suelo importante (huelleado). Se realizó un ensayo con el objetivo de determinar la influencia del número de pasadas y de la humedad del suelo en el momento del tránsito sobre la compactación del suelo, las propiedades hidráulicas y la producción de materia seca. Se realizaron 1, 3 y 10 pasadas de un tractor John Deere 6300 (diseño FWA, potencia 67,1 kW, peso total 4050 kg) sobre un suelo Argiudol típico (serie Centeno) con el suelo a dos contenidos de humedad volumétrica distintos (34 % = húmedo y 24 % = seco). Se midieron la profundidad de huella, la humedad gravimétrica, la resistencia a la penetración y la producción de materia seca del pastizal natural existente como variables respuesta en dos instancias: inicial y final. Adicionalmente, en la instancia final se determinó la conductividad hidráulica a distintas tensiones ( $K(h)$ ), distribución de tamaño de poros y densidad aparente (DAP). El mayor huelleado se produjo con el tránsito en húmedo y con el incremento del número de pasadas. En los tratamientos con tráfico se alcanzaron valores de resistencia a la penetración que limitan o detienen el crecimiento radicular y en consecuencia comprometen el rendimiento del cultivo. Se observó un aumento de la DAP y una disminución de la macroporosidad ante el tránsito repetido especialmente en condiciones secas. El tratamiento de mayor número de pasadas en seco fue el que tuvo menor rendimiento de materia seca. Como conclusiones se observa que la profundidad de huella se incrementa con el número de pasadas y con la humedad del suelo en el momento del tránsito. El tránsito aún con bajas intensidades de tráfico genera una impedancia mecánica en el suelo que compromete el desarrollo radicular y la producción de materia seca. El tránsito repetido, especialmente en condiciones húmedas, produce una disminución de la porosidad del suelo, en particular de la fracción correspondiente a los macroporos.

**Palabras clave:** compactación de suelos, resistencia a la penetración, materia seca, infiltración.







## EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS EDÁFICOS FÍSICO-MECÁNICOS POR INCLUSIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIOS EN LA SECUENCIA SOJA-MAÍZ

Berardi, J.<sup>1\*</sup>, J. Spinozzi<sup>1</sup>, J. Scaglione<sup>1</sup>, S. Montico<sup>1,2</sup>, N. Di Leo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario;

<sup>2</sup> IICAR. CONICET;

\* Campo Experimental Villarino S/N, (S2125) Zavalla, Prov. de Santa Fe, [jose.berardi@unr.edu.ar](mailto:jose.berardi@unr.edu.ar)

### RESUMEN

Una de las alternativas para mitigar los efectos de la degradación de suelos asociada al manejo, es la incorporación de cultivos de servicios (CS) monofíticos o polifíticos en las rotaciones agrícolas. El objetivo de este trabajo fue medir la evolución de la estabilidad estructural (EE), la resistencia mecánica a la penetración (RMP) y la infiltración (INF) por efecto de la inclusión de CS en la secuencia soja - maíz. El experimento se instaló sobre un suelo Argiudol vértico, serie Peyrano. Los tratamientos analizados tuvieron soja y maíz como cultivo estival, y las combinaciones con CS fueron: triticale (T-S), vicia(V-M) y una mezcla polifítica como policultivos (PC-S y PC-M). los muestreos se realizaron al inicio del experimento en mayo 2020, en mayo 2021 y en mayo 2022. Las precipitaciones fueron 33% inferiores a las de la media de la última década en la primera campaña. En la segunda, fueron 20% inferiores. En RMP, hubo interacción significativa entre tratamientos y momentos de muestreo. En el primer año del experimento todos los tratamientos tuvieron un aumento en RMP con respecto a la condición inicial. En el segundo, en todos los tratamientos disminuyó la RMP, pero solamente PC-S tuvo un valor inferior al momento inicial. En cuanto a INF, se hallaron diferencias significativas entre tratamientos y momentos analizados. Los tratamientos con CS polifíticos tuvieron incrementos en todos los momentos analizados. Por el contrario, los monofíticos evidenciaron disminuciones de la INF durante el mismo período. Respecto a EE, tanto en el primer momento como en el segundo, se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos con CS polifíticos y los monofíticos, siendo los primeros, los que tuvieron mayor porcentaje de agregados estables. Luego de dos años de experimento los CS multiespecies en general y los que tuvieron maíz, en particular, mejoraron la condición físico-mecánica, la infiltración y la estabilidad de los agregados del suelo.

**Palabras clave:** cultivos de servicios, penetrometría, estructura

### INTRODUCCIÓN

A partir del siglo pasado, en la región pampeana se redujo la superficie ocupada por pasturas a expensas de las áreas agrícolas, en las cuales se destacó el cultivo de soja (Scianca & Álvarez, 2008). Esto causó una marcada degradación de los suelos, vinculada con el descenso de los contenidos de carbono orgánico (COS) como consecuencia del escaso aporte de rastrojos por parte de los principales cultivos utilizados (Ruffo, 2003). La disminución del *stock* de carbono impacta directa y desfavorablemente en la condición física de los perfiles edáficos (Caride *et al.*, 2012). Asimismo, la estabilidad estructural de los agregados (EE), junto con la resistencia mecánica a la penetración de las raíces (RMP), se ven notablemente afectadas frente a la pérdida de COS (Álvaro-Fuentes *et al.*, 2008). Por ello, la funcionalidad de gran parte de los suelos de la región se encuentra fuertemente disminuida, tanto para el correcto desarrollo de raíces, como para la captación y almacenamiento de agua en el perfil (Sasal *et al.*, 2006). Respecto a esto último, se destaca la caída de las tasas de infiltración (INF) en los lotes bajo agricultura permanente, originando otras problemáticas



como el encharcamiento temporal o el incremento en el escurrimiento superficial. Una de las alternativas para mitigar estos efectos es la incorporación de cultivos de servicios (CS) (Schipanski *et al.*, 2014). Actualmente, existe una creciente participación de estos cultivos en los planteos rotacionales de los agrosistemas regionales, ya sea como cultivos monofíticos o polifíticos. Recientemente, Restovich *et al.* (2018) informaron resultados favorables por la inclusión de mezclas polifíticas en secuencias agrícolas de soja y maíz. El objetivo de este trabajo fue medir la evolución de la EE, la RMP y la INF por efecto de la inclusión de CS en la secuencia soja - maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante las campañas 2020/2021 y 2021/2022 en el Campo Experimental Villarino (33°01'S; 60°53'O), sobre un suelo Argiudol vértico, serie Peyrano (horizonte superficial 0-20 cm: arcilla 25%; arena 2,3%; limo 72,7%) y clima templado húmedo. Los tratamientos evaluados incluyeron CS monofíticos: Triticale (*x Triticosecale Wittmack*) - Soja (*Glycine max*) (T-S) y Vicia (*Vicia villosa*) - Maíz (*Zea mays*) (V-M) y CS polifíticos: policultivo (PC) - Soja (PC-S) y PC - Maíz (PC-M). La mezcla polifítica consistió en Avena (*Avena sativa*), Raigrás (*Lolium multiflorum*), Vicia (*Vicia villosa*) y Trébol blanco (*Trifolium repens*). La superficie de cada tratamiento fue de 0,2 ha y los muestreos se realizaron en mayo 2020 (condición inicial), mayo 2021 y mayo 2022. En 2020, las precipitaciones fueron 593 mm.año<sup>-1</sup>, 33% inferior a las de la media de la última década (882 mm.año<sup>-1</sup>). En 2021, fueron también inferiores (20%). En todos los tratamientos y momentos de muestreo se realizaron las siguientes determinaciones: RMP (KPa), INF (mm.h<sup>-1</sup>) y EE (%). La primera se realizó empleando un penetrómetro digital de cono (30°) (Fieldscout SC 900) con registro a intervalos de 2,5 cm. Los valores se ajustaron al 18% de humedad, la cual se determinó por el método gravimétrico. La EE se estimó por el método de Henin *et al.* (1958) para lo cual se tamizaron las muestras con tamices de malla de 0,25 y 2 mm, de modo de conservar la fracción comprendida entre ambas medidas. Los resultados obtenidos correspondieron al porcentaje de agregados estables de la fracción anterior. La INF se determinó a través del método de anillo simple (Johnson, 1963).

Se establecieron sitios fijos de muestreo en cada parcela apareada, y con el criterio de pseudoreplicación simple, se compararon los tratamientos mediante ANOVA con el software R ( $p < 0,05$ ) y mediante modelos mixtos con el software SAS ( $p < 0,05$ ) para RMP, INF y EE, respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En RMP, hubo interacción significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos y momentos de muestreo (Figura 1). En el momento inicial existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, lo cual podría atribuirse a diferentes usos del sitio donde se estableció el experimento. En mayo 2021, PC-S y T-S difirieron significativamente ( $p < 0,05$ ) de PC-M y V-M con los mayores valores de resistencia mecánica (3183 KPa y 3164 KPa, respectivamente). Los tratamientos con cultivo de maíz, presentaron menores valores de RMP, aunque las diferencias entre ellos no fueron significativas. Las variaciones entre tratamientos con maíz y soja, tal como afirman Gerster *et al.* (2019), podrían estar asociadas al efecto protector del rastrojo y a la contribución del sistema radical del primero. Por el contrario, los mayores valores registrados en los tratamientos con soja, podrían deberse al tránsito de maquinarias, el cual contribuye al endurecimiento de los primeros centímetros del perfil (Gerster *et al.*, 2018). En mayo 2022, se hallaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). Tanto PC-S como T-S fueron los que menor y mayor RMP registraron, respectivamente. No hubo evidencia clara que explique la tendencia de la variable en el segundo momento. No obstante, en relación a los momentos analizados, en la primera fase del experimento (mayo 2020- mayo 2021), todos los tratamientos tuvieron un aumento en RMP, siendo T-S, V-M y PC-S los que difirieron significativamente ( $p < 0,05$ ) con respecto a la condición inicial. En la segunda campaña (mayo 2021- mayo 2022), en todos los tratamientos disminuyó la RMP, pero solamente PC-S se diferenció significativamente ( $p < 0,05$ ), incluso con una RMP inferior al momento inicial. Esto podría deberse a la menor productividad de los cultivos de servicios y de renta durante el primer año por efecto de las escasas precipitaciones registradas en ese período, situación que se revirtió parcialmente en el segundo.





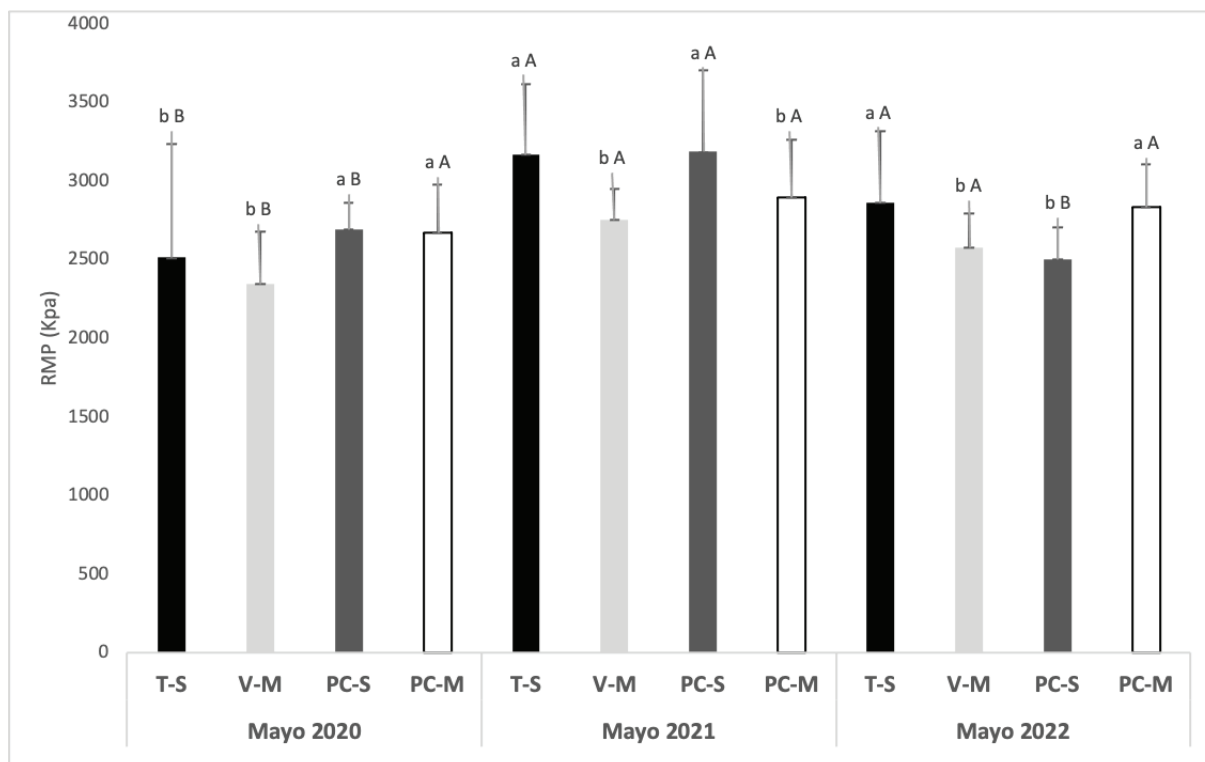


Figura 1. Valores medios y desvío estándar de resistencia mecánica a la penetración para los distintos tratamientos y momentos de muestreo. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos y letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre momentos ( $p < 0,05$ )

En cuanto a INF, se hallaron diferencias significativas entre tratamientos y momentos analizados ( $p < 0,05$ ) (Figura 2). La condición inicial del experimento presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), lo cual se asoció a variaciones en la condición física del suelo debido al manejo previo que tuvo este sector. En mayo 2021, existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), siendo T-S y PC-M los que tuvieron una INF mas alta ( $8,33 \text{ mm.h}^{-1}$  y  $7,56 \text{ mm.h}^{-1}$ , respectivamente), y que en promedio, fueron 60% mayor que V-M. En mayo 2022, hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), PC-S y T-S tuvieron la mayor ( $17,43 \text{ mm.h}^{-1}$ ) y menor ( $2 \text{ mm.h}^{-1}$ ) tasa de infiltración, respectivamente. Se observó que los tratamientos con CS polifíticos tuvieron incrementos en todos los momentos analizados. Por el contrario, en los CS monofíticos se evidenciaron disminuciones en INF durante el período de tiempo analizado. Esto podría deberse a la variedad de sistemas radicales que ofrecen los CS multiespecies, los cuales generan una mejor distribución de canalículos y fisuras en los primeros estratos del suelo. Investigaciones previas demostraron que, a través de la descomposición de las raíces, se genera una trama de bioporos que favorecen el proceso de transferencia de agua a través del perfil (Álvarez et al., 2016; Pivilonis et al., 2018 y Rillo et al., 2018).

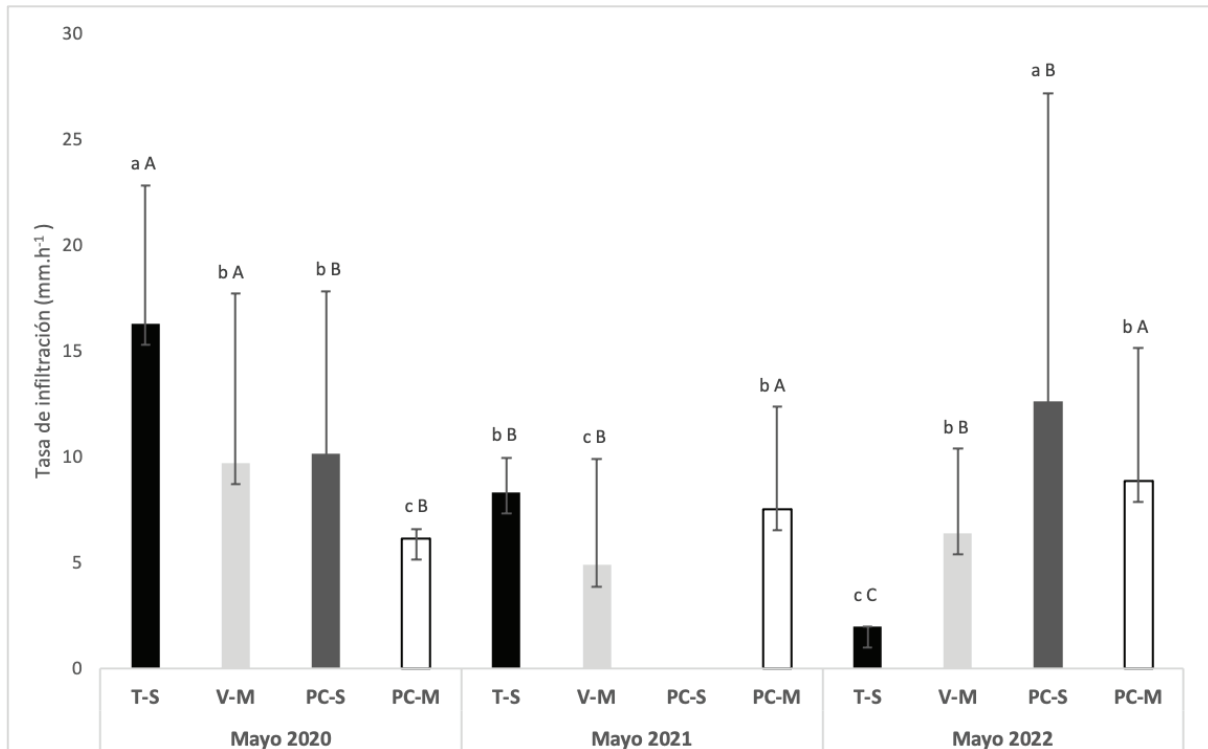


Figura 2. Valores medios y desvío estándar de la tasa de infiltración para todos los tratamientos y momentos muestreo. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos y letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre momentos ( $p < 0,05$ ).

Respecto a EE, en la condición inicial, únicamente V-M mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (Figura 3). En mayo 2021 y mayo 2022, se hallaron diferencias significativas entre momentos para el tratamiento T-S, siendo, el porcentaje de agregados estables al final del experimento, significativamente inferior respecto de la condición de inicio (27,1%). Tanto en el primer momento como en el segundo, se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos con CS polifíticos y los monofíticos, siendo los primeros, los que mostraron mayor porcentaje de agregados estables. Se advierte que todos los valores de estabilidad estructural, son relativamente bajos, lo cual podría deberse, por un lado a la fracción textural predominantemente limosa que dificulta la formación de estructuras estables (Ferrerías *et al.*, 2007), y por el otro, al efecto de prácticas de manejo inadecuadas que pudieron realizarse previamente. Las variaciones a favor de las mezclas polifíticas podrían deberse a la mayor actividad rizosférica vinculada a la biomasa radical en cultivos multiespecies, que impactan directamente en la estabilización de agregados (Scianca *et al.*, 2006; Restovich *et al.*, 2011 y Acuña & Villamil, 2014), No obstante, la condición climática de los períodos analizados, afectó considerablemente la cantidad de fitomasa que aporta al stock de carbono orgánico de suelo, razón que podría explicar que estas diferencias resultaron estadísticamente no significativas (Zhu *et al.*, 1991; Scianca, 2010).

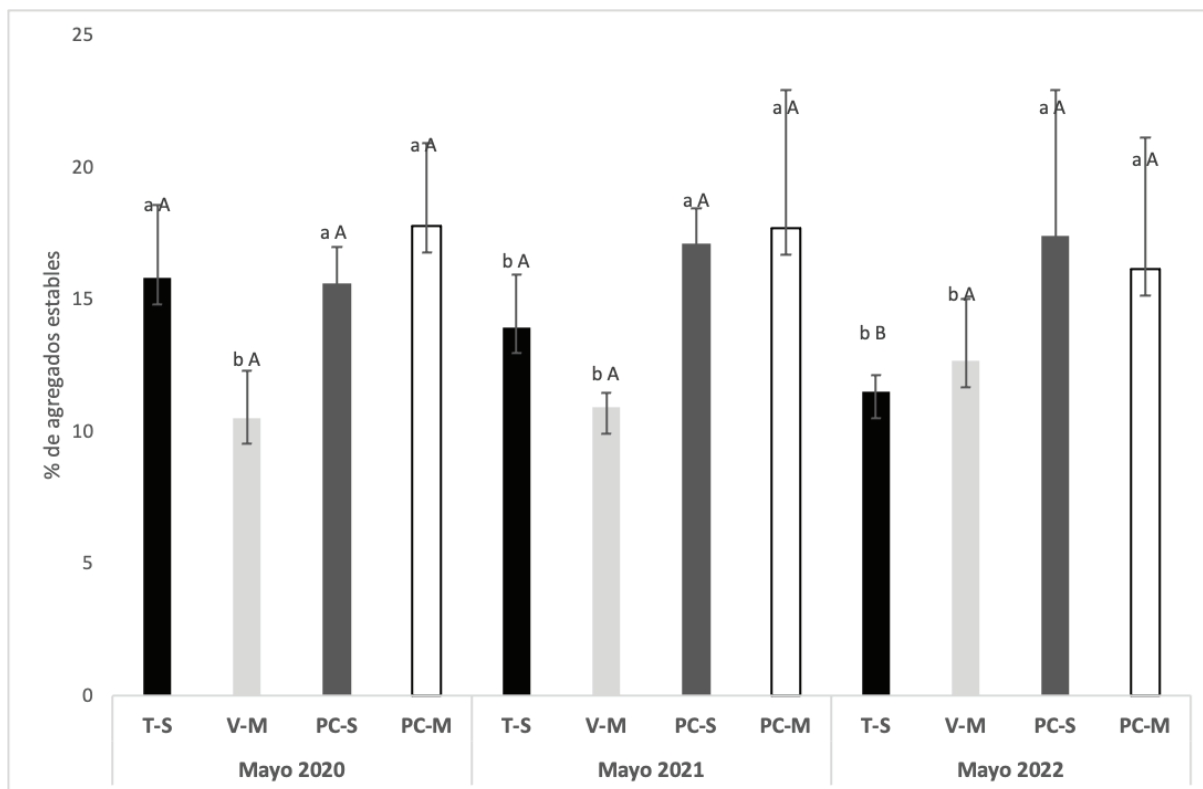


Figura 3. Valores medios y desvío estándar de estabilidad estructural para todos los tratamientos y momentos muestreo. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos y letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre momentos ( $p < 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

Los cultivos de servicios multiespecies, en general, mejoraron la condición físico-mecánica, la infiltración y la estabilidad de los agregados del suelo. En particular, los tratamientos que tuvieron maíz como sucesor, evidenciaron las mejores condiciones físicas. Resultaría de gran relevancia continuar con esta línea de investigación, para contrastar los resultados obtenidos con los de **años climáticamente normales**.

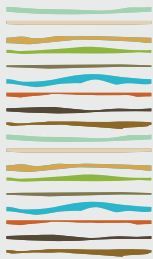
## BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, JCM & MB Villamil. 2014. Short-term effects of cover crops and compaction on soil properties and soybean production in Illinois. *Agron J* 106(3):860-870.
- Alvarez, C; M Barraca; C Cazarla; JC Colazo; J Dios Herrero; A Lardone; P Girón; S Restovich & S RiBo. 2016. Mejora de propiedades edáficas con inclusión de cultivos de cobertura en agroecosistemas pampeanos. XXV CACS. Río Cuarto, Córdoba. 2016.
- Álvaro-Fuentes, J; JL Arrúe; R García & MV López. 2008. Tillage and cropping intensification effects on soil aggregation: temporal dynamics and controlling factors under semiarid conditions. *Geoderma* 145: 390-396.
- Caride, C; G Piñeiro & JM Paruelo. 2012. How does agricultural management modify ecosystem services in the Argentine Pampas. The effects on soil C dynamics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 154: 23-33.
- Ferreras, L; G Magra; P Besson; E Kovalevski; & F García. 2007. Physical quality indicators in soils from the northern Pampa region of Argentina under no till management. *Ciencia del suelo*, 25(2), 159-172.
- Johnson, A. 1963. A field method for measurement of infiltration. En: *General groundwater techniques*. Geological Survey Water. Supply paper. 1544f
- Gerster, G; S Bacigaluppo; R Tossolini & V Sapino. 2018. Efectos y manejo de la compactación en suelos del centro-sur de Santa Fe. En: P Imbellone & C Álvarez (eds.). *Compactaciones naturales y antrópicas en suelos argentinos*. 1a ed. Pp. 326-343. AACs. Buenos Aires.
- Gerster, G; A Malmantile & R Pagani. 2019. Efecto de diferentes niveles de fertilización sobre el estado físico del suelo en una rotación intensiva. *Revista Para Mejorar la Producción* N°58. EEA INTA Oliveros, pags 247-254.



- Povilonis, IS; MJ Eiza & P Carfagno. 2018. Influencia de cultivos de cobertura en parámetros físicos del suelo: resistencia a la penetración de raíces, densidad aparente e infiltración del agua. *Rev. Fac. Agronomía y Cs. Agroalimentarias UM - Vol. IX*.
- Restovich, SB; AE Andriulo & C Améndola. 2011. Introducción de cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: efecto sobre algunas propiedades del suelo. *Ciencia del suelo*, 29(1), 61-73.
- Restovich, SB; AE Andriulo & SI Portela. 2018. Mezcla de cultivos de cobertura: aumento de la diversidad de especies y multibeneficios agroecosistémicos. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Miguel de Tucumán, 15 al 18 de mayo 2018.
- Rillo, SN; C Álvarez, AR Quiroga; E Noellemeyer; M Díaz-Zorita & I Frasier. 2018. Cambios en los contenidos de carbono e infiltración por la inclusión de cultivos de cobertura. XXVI CACS. San Miguel de Tucumán, 15 al 18 de mayo 2018.
- Ruffo ML. 2003. Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. *Actas XI Congreso de AAPRESID*: 171-176.
- Sasal, MC; AE Andriulo & MA Taboada. 2006. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil Till. Res.* 87: 9-18.
- Schipanski, ME; M Barbercheck; MR Douglas; DM Finney; K Haider; JP Kaye; AR Kemanian; DA Mortensen; MR Ryan; J Tooker & C White. 2014. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agr. Syst.* 125: 12-22.
- Scianca, C; C Álvarez; M Barraco; M Pérez & A Quiroga. 2006. Cultivos de cobertura en sistemas orgánicos. Aporte de carbono y dinámica de malezas. Pp. 370. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta-Jujuy. Argentina.
- Scianca C; C Álvarez; M Barraco; A Quiroga; P Zalba. 2008. Cultivos de cobertura en un argiudol típico del noroeste bonaerense. XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo. Potreros de los Funes. Argentina.
- Scianca, CM 2010. Cultivos de cobertura en molisoles de la región pampeana. Producción de materia seca, eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja. Tesis de Magister en Cs. Agrarias. Universidad Nacional del Sur
- Zhu, J; C Gantzer; S Anderson; P Beuselinck & E Alberts. 1991. Water use evaluation of winter cover crops for no-till soybeans. En: *Journal of soil and water conservation* 46(6), pp. 446-449.





## **CUANTIFICACIÓN DE CATIONES INTERCAMBIABLES EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA AFECTADOS POR SALES**

Beroisa, C. A. <sup>1,\*</sup>, N. S. Kloster<sup>1,2</sup>, L. A. Iturri<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Pampa. UNLPam, Santa Rosa, Argentina;

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Anguil, Anguil, Argentina;

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP, CONICET-UNLPam), Santa Rosa, Argentina;

\*Ruta N° 35 km 334 (6300) Santa Rosa, La Pampa, carolinaberoisa@gmail.com

### **RESUMEN**

Los cationes intercambiables del suelo, de los elementos calcio, magnesio, potasio y sodio, se encuentran adsorbidos al complejo de cambio. Otra parte de los cationes de estos elementos se encuentra en la solución del suelo, estableciendo equilibrios de adsorción y desorción con sus formas intercambiables. La determinación de cationes intercambiables en suelos de uso agropecuario emplea el método clásico de extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L, pH 7. Este método no permite distinguir las proporciones de cationes intercambiables y solubles cuando los suelos clasifican como suelos salinos y sódicos, con abundantes proporciones de cationes en el medio (tanto en el complejo de cambio como en la solución). Con el objetivo de cuantificar efectivamente sólo los cationes intercambiables en suelos afectados por sales, se realizó la evaluación de dos métodos alternativos al método clásico, 1) lavado previo de los iones en la solución del suelo y 2) cálculo por diferencia entre los cationes extraídos con el método clásico y en el extracto de la pasta saturada de suelo. A partir de los resultados se concluye que los dos métodos alternativos propuestos permiten realizar la estimación de calcio, magnesio y sodio, en suelos afectados por sales de la Región Semiárida Pampeana. Debido a la mayor simplicidad operativa del método 1 respecto del 2, el método 1 resultaría en la mejor alternativa. No obstante, más estudios son necesarios para establecer el número de lavados necesarios para muestras de suelo con CE > 40 dS/m.

**Palabras clave:** porcentaje de saturación de bases, porcentaje de sodio intercambiable, solución del suelo

### **INTRODUCCIÓN**

El avance de los procesos de salinización y/o sodificación en secano en la Región Semiárida Pampeana (RSP) plantea un desafío metodológico a los laboratorios de análisis de suelo. Tanto en suelos salinos como en suelos sódicos, el método clásico de extracción de cationes intercambiables con acetato de amonio 1 mol/L pH 7, no permite discriminar a los cationes adsorbidos a la fase sólida del suelo (intercambiables) de los que están en la solución del suelo (Millán, 2020). Esto conlleva a una sobreestimación de la cuantificación de los cationes intercambiables y, por lo tanto, del cálculo del porcentaje de saturación de bases (PSB) y del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), siendo este último un parámetro necesario para calcular dosis de correctores utilizados en el tratamiento de suelos sódicos.

Para evitar o disminuir la sobreestimación de los valores de PSB y de PSI, algunas metodologías de laboratorio proponen el lavado previo del suelo, antes de realizar la extracción de los cationes intercambiables, con solución de etanol al 40% v/v para eliminar los cationes en la solución del suelo (RILSAV, 2015; Millán, 2020). Otras metodologías proponen descontar la fracción soluble de cationes, obtenida a partir del extracto de la pasta saturada del suelo, al total de cationes cuantificados por el método clásico de extracción del suelo



(Soil Survey Staff, 2014). Estas opciones metodológicas están sujetas a la cantidad y al tipo de sales, y son correcciones que permiten mejorar, pero no solucionan completamente el problema (Millán, 2020).

Por ello, en este trabajo se planteó como objetivo evaluar la aptitud de métodos alternativos para la determinación de cationes intercambiables en suelos afectados por sales de la RSP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron muestras del horizonte superficial (0-20 cm) de suelos de distintos sitios de la RSP afectados por sales. Las muestras se caracterizaron de acuerdo a su valor de pH actual, en relación suelo:agua destilada 1:2,5 y conductividad eléctrica (CE) en extracto de pasta saturada (Mc Lean 1982).

Para el análisis de cationes intercambiables se utilizaron dos métodos propuestos en la literatura:

1) Método 1: extracción de cationes intercambiables con acetato de amonio 1 mol/L pH 7, previa realización de 3 lavados de los iones en la solución del suelo con etanol 40 % v/v (RILSAV, 2015), y

2) Método 2: cálculo de cationes intercambiables por diferencia entre los cationes extraídos con acetato de amonio 1 mol/L a pH 7 y los cationes obtenidos en el extracto de la pasta saturada de suelo (Soil Survey Staff, 2014).

Para la evaluación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el Método 1 se comparó frente al método de extracción clásico, sin lavados previos con etanol.

La cuantificación de los cationes se realizó mediante espectrometría de emisión y absorción atómica por llama (Sparks, 1996) empleando un equipo PinAAcle 900H (Perkin Elmer).

La comparación de los métodos se realizó por test t de comparación de medias y análisis de regresión lineal simple ( $\alpha=0,05$ ), mediante Microsoft Excel/2019 e InfoStat/Profesional version 1.1 (Di Rienzo et al., 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados de clasificación de las muestras de suelo de acuerdo a los valores de pH y CE. Las muestras presentaron pH entre 7,0 y 10,4 y CE entre 0,36 y 47,8 dS/m, clasificando 1, 4, 5 y 9 (CE > 4 dS/m y pH > 8,5) como suelos salino-sódicos, 3 como salino (CE > 4 dS/m y pH < 8,5) y 2, 6 y 8 como sódico (CE < 4 dS/m y pH > 8,5) (Richards et al., 1973). Esto indicó que los suelos presentan concentraciones elevadas de cationes y/o sodio en la solución del suelo y, por tanto, que es esperable que dichos cationes se encuentren saturando los sitios de intercambio del suelo.

Tabla 1. Clasificación de las muestras de suelo de acuerdo a pH y CE

Muestra	pH	CE (dS/cm)	Clasificación
1	9,7	20,70	Salino sódico
2	9,5	3,28	Sódico
3	8,1	45,50	Salino
4	8,6	47,80	Salino sódico
5	8,8	41,10	Salino sódico
6	8,9	1,16	Sódico
7	7,0	0,36	-
8	10,4	3,52	Sódico
9	9,8	8,18	Salino sódico

En las muestras de suelos se observó un descenso significativo de la CE en la solución obtenida luego del pri-



mer lavado con etanol al 40% v/v, respecto de la CE de la solución obtenida luego del segundo lavado (Figura 1). Entre el segundo y el tercer lavado se observó una menor disminución de la CE de la solución comparado con el primero. Esto indica que el primer lavado es el que desplaza la mayor proporción de cationes de la solución del suelo, alrededor del 95 % de los cationes inicialmente en solución. En las muestras con la mayor CE ( $> 40,0$  dS/m, suelos 3, 4 y 5) se observó que la CE remanente en el tercer lavado fue superior a  $0,05$  dS/m.

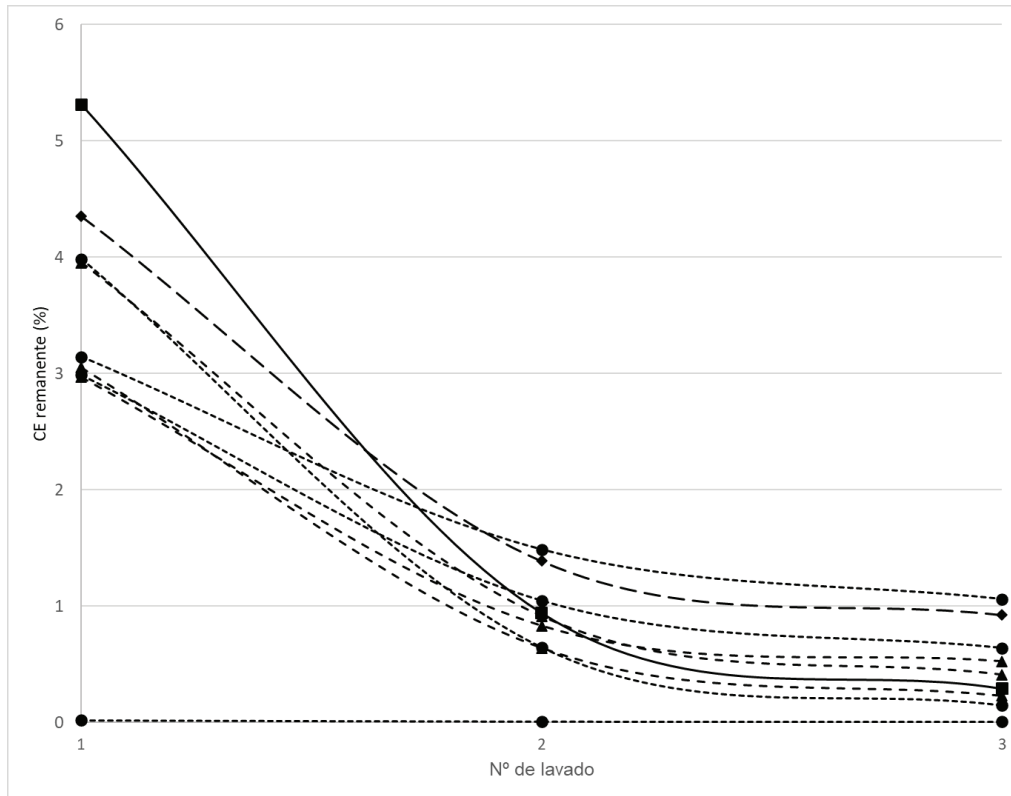


Figura 1. CE remanente en función de los lavados. La línea entera indica el suelo salino, las líneas de guiones pequeños indican los sódicos, las de guiones medianos los salino-sódicos y la de guiones largos al suelo normal.

Las muestras presentaron concentraciones de sodio, potasio, calcio y magnesio entre  $0,2$  y  $13,0$  cmolc/kg,  $0,2$  y  $3,5$  cmolc/kg,  $3,2$  y  $29,3$  cmolc/kg y  $0,5$  y  $9,6$  cmolc/kg, respectivamente. Los métodos mostraron similar desempeño para el caso del análisis de sodio, calcio y magnesio (en general,  $R^2 > 0,8$ ) (Figura 2). Esto posiblemente esté indicando que los lavados realizados fueron suficientes como para minimizar desviaciones por el aporte de estos cationes provenientes de la solución del suelo. Los métodos difirieron en cuanto a las concentraciones de K determinadas ( $R^2 \sim 0$ ) (Figura 2), dado que el método 1 no permitió cuantificar distintos niveles de K entre las muestras como lo hizo el método 2. Esto podría ser consecuencia del lavado con solución de etanol que desplaza al catión potasio (cuyo estado de oxidación es  $+1$ ), débilmente retenido en la superficie del suelo, respecto a los cationes calcio y magnesio (cuyo estado de oxidación es  $+2$ ), más fuertemente retenidos. Si bien esta tendencia podría esperarse también para el catión sodio (estado de oxidación  $+1$ ), debido a que este se encuentra en abundancia en las muestras en estudio, posiblemente la influencia de los lavados no es detectable.

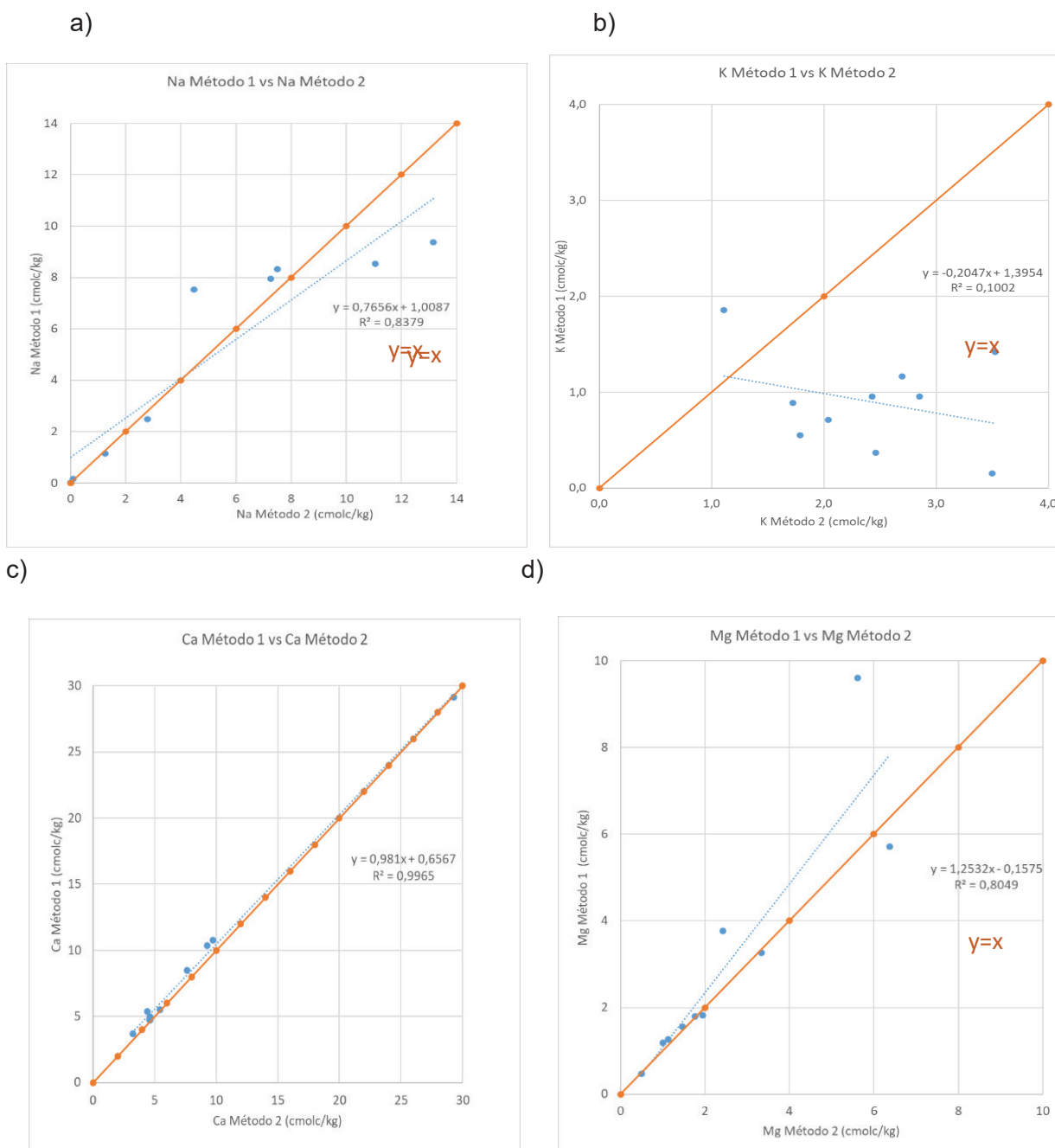


Figura 2. Concentraciones de cationes intercambiables a) sodio, b) potasio, c) calcio y d) magnesio obtenidas por los métodos 1 y 2.

Los cálculos del PSB y PSI no mostraron diferencias significativas usando la información obtenida por los métodos 1 y 2. Esto se debe a que ambos métodos mostraron similares desempeños en la cuantificación de las especies asociadas con dichos cálculos (concentración de sodio, calcio y magnesio intercambiables).

## CONCLUSIÓN

Los métodos propuestos presentaron un buen desempeño para la determinación de sodio, calcio y magnesio intercambiable, así como para la CIC, en suelos salinos, sódicos y salino-sódicos. Esto indicaría que ambos métodos, tanto el método 1, el cual incluye el lavado previo de los cationes solubles, como el método 2, el cual implica la obtención de las bases intercambiables por diferencia entre el total de cationes y aquellos en el extracto de la pasta saturada, permitirían cuantificar los cationes intercambiables con una calidad analítica





aceptable, diferenciándolos de sus formas presentes en la solución del suelo. Los resultados mostraron también que 3 lavados con solución de etanol al 40 % son en general suficientes para disminuir la CE remanente en la solución a valores < 0,05 dS/m. Aunque más estudios son necesarios para determinar el número de lavados a realizar en muestras de suelo con CE > 40 dS/m, debido a la mayor simplicidad operativa del método 1 respecto del 2, el método 1 resultaría en la mejor alternativa para su implementación en los laboratorios que analizan suelos como lo estudiados aquí.

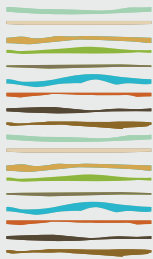
## **AGRADECIMIENTOS**

Este estudio fue financiado por los proyectos POIRe UNLPam 2019-02,158-19 FA-UNLPam e INTA RIST I049, INTA PE I042.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Di Rienzo, J.A.; Balzarini, M.; Casanoves, F.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2002. Infostat/Profesional version 1.1.
- McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. En: Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R. (Ed). Methods of soil analysis. Part 2-Chemical and microbiological properties. Vol.1. 2nd edn. pp 199-224. Soil science society of America. Madison, USA.
- Millán, G. 2020. Capacitación SAMLA-PROINSA por el Día Mundial del Suelo 2020. <https://youtu.be/ixqMIKjZHbU>.
- Miller, J. J. and D. Curtin. 2006. Chapter 15: Electrical conductivity and soluble ions. In: Soil Sampling and Methods of Analysis, 2nd Edition. Carter, M. R. and E. G. Gregorich (eds). CRC press. pp 1224.
- Richards, L. A. (1973). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual 60. México, DF: Limusa.
- RILSAV, Red INTA de Laboratorios de Suelo, Agua y Vegetales. 2015. Procedimiento Técnico: Extracción de bases intercambiables y determinación de capacidad de intercambio catiónico. pp 13.
- 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. pp 1001.
- Sparks, D L. 1996. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Madison. SSSA-ASA.





## PROTOTIPO DE EQUIPO PARA LA EXTRACCION DE MICRONUTRIENTES EN SUELOS

Brunello D<sup>1</sup>, Pérez M<sup>2</sup>, Savio M<sup>1,3</sup>, Kloster N<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

<sup>2</sup> INTA, Estación Experimental Agropecuaria Anguil, Anguil, La Pampa, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP), Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

\* e-mail: [kloster.nanci@inta.gob.ar](mailto:kloster.nanci@inta.gob.ar)

### RESUMEN

Los micronutrientes son aquellos elementos que, si bien son requeridos en muy bajas concentraciones por el vegetal, son indispensables para el normal funcionamiento metabólico de la planta. Entre ellos están el zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn). La etapa de extracción de elementos a partir de la matriz del suelo para su posterior cuantificación es una etapa crítica en cuanto a requerimientos de tiempo y personal en los laboratorios. Aun así, en el mercado prácticamente no existen equipos de laboratorio que se adecúen a las necesidades y características de los ensayos para la evaluación de suelos. En un trabajo previo se desarrolló un prototipo para la extracción de bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico para 24 muestras de suelo en simultáneo, que resultó agilizar la dinámica del trabajo de extracción y ser eficiente en el uso del tiempo en el laboratorio. El objetivo del trabajo actual fue evaluar la aptitud de dicho prototipo para la extracción de Zn, Cu, Fe y Mn de suelo con solución de ácido dietilentriaminopentaacético y trietanolamina (DTPA-TEA). Se utilizó una muestra de referencia interna para la optimización del prototipo para la extracción de micronutrientes y 7 muestras de suelo para el estudio de validación, que incluyó veracidad y precisión. Los resultados de exactitud se analizaron frente al método convencional de agitación, centrifugación y filtración. A partir de los resultados se determinó que la extracción más eficiente se logra utilizando dos alícuotas de 10 mL de extractante en 2 h. Se concluyó que el prototipo es una alternativa exacta para la extracción de Cu en muestras de suelo con DTPA-TEA y podría reemplazar al método convencional. Aunque es necesario ampliar el número de muestras analizadas para sacar conclusiones definitivas respecto de su aptitud para el análisis de Zn, Fe y Mn.

**Palabras clave:** validación, micronutrientes, extracción.

### INTRODUCCION

El desafío más importante, para ecologistas y productores agropecuarios, es mantener el nivel de nutrientes y mejorar la fertilidad (química, física y biológica) de los suelos para incrementar la producción agrícola; es decir para que los vegetales puedan expresar su máxima capacidad genética productiva (Hatch *et al.*, 2002). Las plantas requieren diferentes nutrientes para poder desarrollar sus actividades metabólicas y permitir su crecimiento, los cuales extraen de la solución del suelo por absorción radicular. Los micronutrientes son aquellos elementos que, si bien son requeridos en muy bajas concentraciones por el vegetal, son indispensables para el normal funcionamiento metabólico de la planta. Entre ellos están el zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn), que se encuentran en el suelo en diferentes formas químicas, tales como minerales solubles en agua, adsorbidos, quelatados, formando agregados, o bien formando parte estructural de minerales primarios y secundarios (Sparks, 1996).

Existen diferentes extractantes que permiten tener una idea aproximada del perfil elemental biodisponible en suelos. Los extractantes son soluciones ácidas, básicas y/o sales que actúan facilitando la solubilidad de un



nutriente contenido en el suelo, o bien, reemplazándolo en el complejo de intercambio del suelo y facilitando su disponibilidad en la solución (Alvarez, 2010). Los agentes quelatantes como el ácido etilediaminotetraacético (EDTA) y el ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA), son efectivos para extraer los micronutrientes, por lo que se han incluido en extractantes de tipo universal como el EDTA que forma parte de la solución Mehlich 3, o del DTPA utilizado para la extracción de micronutrientes (Sparks, 1996). Este último es el extractante más empleado a nivel nacional en planteos de fertilización de alta tecnología (Barbieri *et al.*, 2017; Gannini-Kurina *et al.*, 2021).

El procedimiento de extracción de los nutrientes del suelo, para su posterior cuantificación, involucra usualmente una etapa de agitación, centrifugación y/o filtración. O bien se utiliza el método de percolación, haciendo que el extractante pase a través de una masa conocida de suelo (Ciesielski & Sterckeman, 1997). Algunos sistemas de extracción semiautomáticos que funcionan por percolación se han propuesto a nivel nacional (Richter *et al.*, 1982; Kloster *et al.*, 2019) e internacional (Mulvaney *et al.*, 2004; Pansu & Gautheyrou, 2006) para la extracción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico y formas de nitrógeno mineral en suelos (Nunes & Mulvaney, 2021). En todos ellos es imprescindible determinar la influencia de parámetros relacionados a la extracción, tales como tamaño de muestra, volumen de extractante, número de etapas y tiempo de extracción, los cuales afectan directamente la exactitud (veracidad y precisión) de las medidas. A su vez, el laboratorio suele seleccionar el método a utilizar de acuerdo a consideraciones prácticas, tales como tiempo, laboriosidad y costo para su ejecución. En un trabajo previo Kloster *et al.* (2019) desarrollaron un prototipo de extracción de bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico para 24 muestras de suelo en simultáneo que resultó agilizar la dinámica del trabajo de extracción y ser eficiente en el uso del tiempo en el laboratorio. El objetivo del trabajo actual fue evaluar la aptitud de dicho prototipo para la extracción de Zn, Cu, Fe y Mn de suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestras de suelo y extracción de micronutrientes

Se tomaron 7 muestras de suelo del horizonte superficial (20 cm) de la región este de La Pampa las cuales se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm, para su uso en los ensayos de validación del prototipo. Además, se usó una muestra de referencia interna para los ensayos de optimización del prototipo. La Tabla 1 muestra la caracterización fisicoquímica de las muestras.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de las muestras de suelo. Los valores en paréntesis indican el mínimo y máximo de cada parámetro.

Fósforo	Materia Orgánica	pH 1:2,5	Arcilla+Limo
mg Kg <sup>-1</sup>	(%)		(%)
26,6	1,9	6,7	37
(4,5-50,2)	(1,4-2,9)	(6,4-7,0)	(18-56)

La extracción de micronutrientes se realizó con solución DTPA-TEA, preparada a partir de 15 mL de trietanolamina (TEA), 1,5 g de ácido dietilentriaminopentaacético y 1,47 g de cloruro de calcio dihidratado, ajustando el pH a 7,3 y llevando a volumen de 1 L con agua destilada. Se utilizó el método convencional, que involucra agitación, centrifugación y filtración, como método de referencia para la extracción, la cual se realizó a partir de 10 g de suelo y 20 mL de solución de extracción. Se agitó en agitador vaivén a 120 golpes por minuto durante 2 h, se centrifugó la suspensión y se filtró con papel de filtro tipo banda azul (JP42) para la obtención de un extracto lípido destinado a la cuantificación de microelementos.

### Prototipo de equipo para la extracción: optimización de variables y validación

El prototipo se muestra en la Figura 1 (Kloster *et al.*, 2019). Es una cuba rectangular de acrílico con una tapa perforada con 24 posiciones de manera que se pueden analizar esta cantidad de muestras de suelo en simultáneo o solo trabajar con las posiciones necesarias. Sobre la tapa, en cada perforación se colocan las jeringas en las cuales se realiza la extracción de los elementos del suelo utilizando una solución de extracción, mediante percolación. Estas jeringas se preparan previo a su uso con un sistema de filtro que consiste en



pieza de plástico + filtro de papel tipo banda azul + pieza de plástico. En el interior de la cuba hay una gradilla con 24 posiciones para tubos de 50 mL sobre los cuales se recoge la solución procedente de la extracción y una salida de flujo para conectar a una bomba de vacío. Además, entre la tapa y la cuba se ubica una banda de goma para garantizar la efectividad del vacío.

La optimización de la extracción con el prototipo se realizó con la misma relación suelo:solución que el método convencional, pero modificando dos variables: alícuota de solución de extracción y tiempo de extracción. La alícuota de solución de extracción consistió en añadir el volumen total de solución (20 mL) al comienzo de la etapa de extracción, o en dos alícuotas de 10 mL, con intervalo de 1 h entre ambas. El tiempo de extracción se evaluó en 2 h, que es el tiempo propuesto en la literatura para el método convencional o 1 h, para estudiar la posibilidad de disminuir el tiempo involucrado en la etapa de extracción. Al finalizar el tiempo de extracción se aplicó vacío para obtener el máximo volumen de extracto.

Una vez optimizadas las variables de operación del prototipo se validó su aptitud determinando exactitud, es decir la veracidad y precisión. La veracidad se obtuvo por comparación de los resultados con el método de extracción convencional. Mientras que la precisión se evaluó a partir de la repetibilidad (en la misma tanda de extracción) y de la precisión intermedia (en diferente tanda de extracción / día). Todos los ensayos de optimización se realizaron por sextuplicado, mientras que los ensayos de validación se realizaron por triplicado. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Microsoft Office Excel 2007 e INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2015). Diferencias significativas entre métodos de extracción se analizaron por comparación de medias aplicando un test t a 95 % de nivel de confianza. La precisión se evaluó a partir del coeficiente de variación (CV) definiendo un límite máximo de 15 % para la admisión del método, de acuerdo al CV obtenido en el método de extracción convencional.

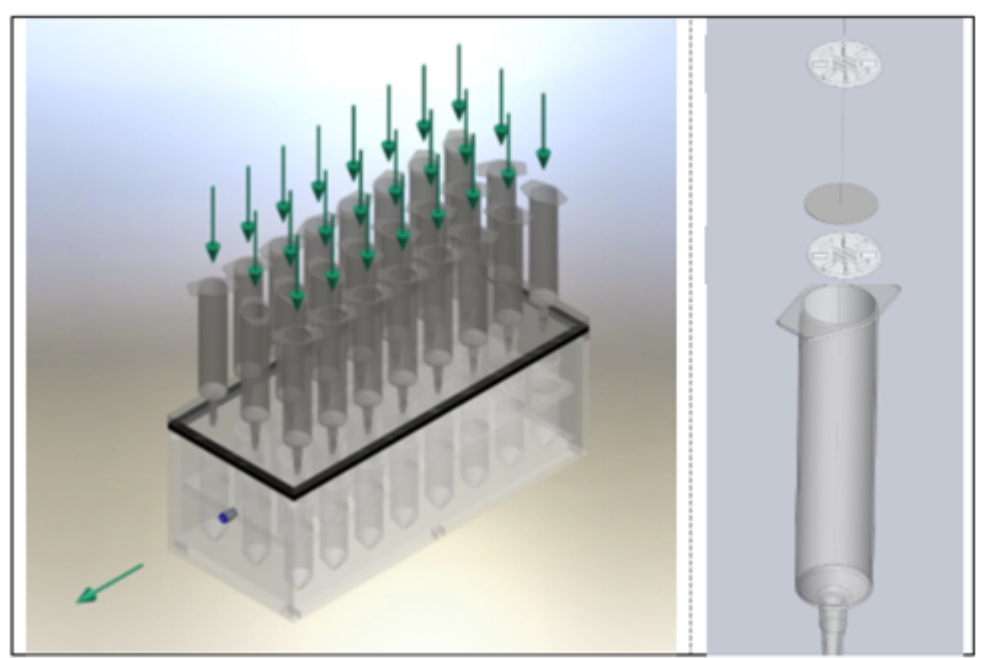


Figura 1. Esquema del prototipo para realizar la extracción de Cu, Fe, Mn y Zn e imagen ampliada del sistema de filtro de las jeringas (Kloster *et al.*, 2019).

### Cuantificación

La cuantificación de Zn, Cu, Fe y Mn en los extractos de suelo se realizó mediante espectrometría de absorción atómica, con un equipo PinAAcle 900H (Perkin Elmer), equipado con software Winlab, con el cual se analizaron los elementos en modo absorción con multilámpara de cátodo hueco. Para ello se realizaron previamente las curvas de calibración, empleando soluciones estándar certificadas Certipure (Merck) 1000 mg L<sup>-1</sup>, con 6 concentraciones de cada elemento, en tres réplicas independientes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 se muestran los resultados de optimización del prototipo para las variables número de alícuotas y tiempo de extracción utilizando la muestra de referencia interna. Se observa que la extracción más eficiente de los 4 elementos de interés se obtiene al realizar el procedimiento con dos alícuotas de 10 mL de solución de extracción, un intervalo de 1 h entre cada adición de solución (tiempo de extracción total 2 h) y aplicación de vacío al finalizar el tiempo de extracción. Esto se corresponde con los ensayos de laboratorio, donde se observó que la solución filtra rápidamente una vez que se agrega a la jeringa, disminuyendo los procesos de intercambio de iones que dependen del tiempo de contacto entre el suelo y la solución, lo que explicaría la menor extracción de los elementos en la solución.

Tabla 2. Resultados de análisis para Cu, Fe, Mn y Zn en el estudio de optimización de la cuba de extracción relativo a las variables alícuota de solución de extracción y tiempo de extracción.

Variable		Cu	Fe	Mn	Zn
N° alícuotas	Tiempo de extracción (h)	(mg Kg <sup>-1</sup> )			
1	2	0,53	6,5	37,2	1,17
1	1	0,45	5,0	29,6	1,03
2	2	1,07	18,9	43,6	1,97

Una vez optimizado el funcionamiento de la cuba de extracción con la muestra de referencia interna, se procedió a validar su funcionamiento determinando la veracidad y la precisión. Los resultados de veracidad por comparación de métodos de extracción se muestran en la Figura 2. En líneas generales la extracción mediante los dos métodos para los 4 elementos estuvo dentro del mismo orden de magnitud. El test estadístico t para muestras apareadas arrojó que la concentración de Cu determinada por ambos métodos de extracción no presenta valores significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Mientras que las concentraciones de Zn, Fe y Mn obtenidos por ambos métodos de extracción difieren significativamente. Al observar los desvíos de las réplicas para cada muestra, tanto para el análisis de Zn, como para Fe y Mn, no se observan diferencias significativas entre los resultados en todas las muestras.

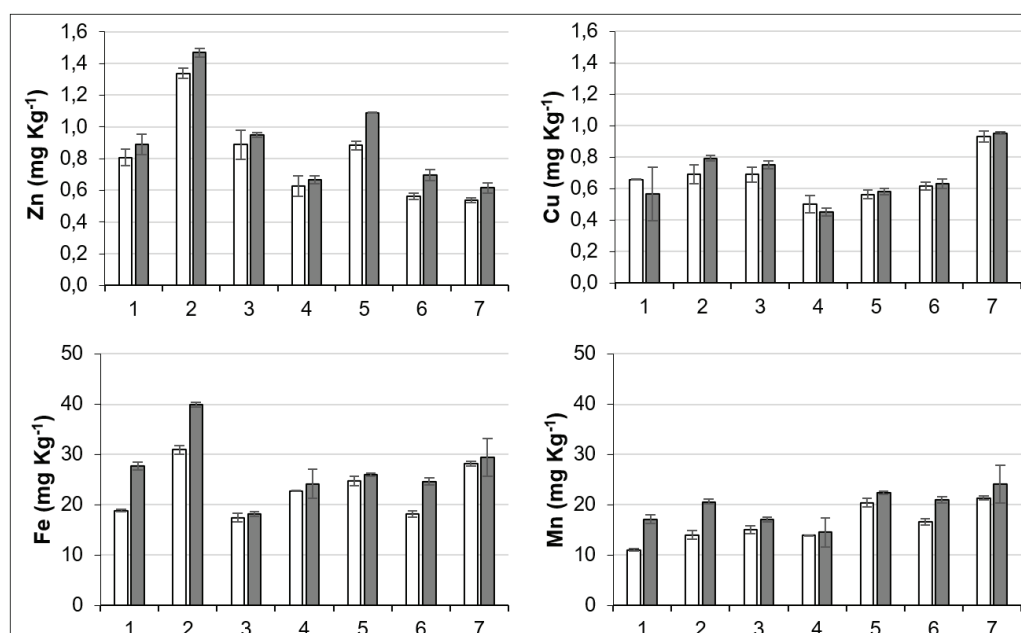


Figura 2. Concentración de Zn, Cu, Fe y Mn en las muestras de suelo (denominadas 1 a 7) obtenidas con el método convencional (serie color blanco) y con el prototipo (serie color gris). Las barras indican el desvío estándar.

Los resultados del estudio de repetibilidad y precisión intermedia mostraron que el prototipo es preciso para la extracción de Cu y Zn ( $CV < 15\%$ ). Aunque mostró mayor variabilidad entre días para la extracción de Fe y Mn ( $CV > 15\%$ ).



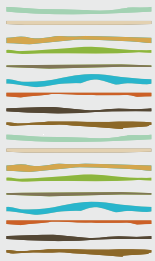
## CONCLUSIONES

A partir de los resultados exploratorios sobre el funcionamiento del prototipo, se concluye que el mismo es una alternativa exacta para la extracción de Cu en muestras de suelo con DTPA-TEA y podría reemplazar al método convencional. Es necesario ampliar el número de muestras analizadas para sacar conclusiones definitivas respecto de la aptitud del prototipo para el análisis de Zn, Fe y Mn.

## BIBLIOGRAFIA

- Barbieri, P; H R Sainz Rosas; N Wyngaard; M Eyherabide; N Reussi Calvo; F Salvagiotti & H E Echeverría. 2017. Can Edaphic Variables Improve DTPA-based Zinc diagnosis in Corn?. *Soil Fertility and Plant Nutrition* 81(3):556-563.
- Ciesielski, H & T Sterckeman. 1997. Determination of cation exchange capacity and exchangeable cations in soils by means of cobalt hexamine trichloride. Effects of experimental conditions. *Agronomie* 17:1-7.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. Infostat versión 2015.
- Gannini-Kurina, F; M Balzarini; J Koritschoner; A Rampoldi & S Hang. 2021. Modelos para la conversión de las concentraciones de Fe, Mn, Cu y Zn entre los métodos Mehlich-3 y DTPA-TEA en suelos de Córdoba. *Ciencia del Suelo* 39(2):1-15.
- Alvarez, H F. 2010. Muestreo y metodologías de análisis con fines de fertilidad. Multilab Agroanalítica, Colombia.
- Hatch, D; K Goulding & D Murphy. 2002. Nitrogen. En: Agriculture, Hydrology and Water Quality. Edits. Haygarth, P M & S C Jarvis, Wallingford, Oxon, CAB International.
- Kloster, N; M Pérez & F Mazzaferro. 2019. A rapid and simple manifold to study exchangeable cations and cation exchange capacity in 24 soil samples simultaneously. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50(12):1500-1511.
- Mulvaney, R L; S A Yaremych; S A Khan; J M Swiader & B P Horgan. 2004. Use of diffusion to determine soil cation-exchange capacity by ammonium saturation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35(1&2):51-67.
- Nunes, V L & R L Mulvaney. 2021. Controlling organic interference in determination of soil mineral nitrogen. *Soil Science Society of America Journal* 85:919-928.
- Pansu, M J & J Gautheyrou. 2006. Cation exchange capacity. En: Handbook of soil analysis. Mineralogical, Organic and Inorganic methods. Springer 709-754.
- Richter, M; M Conti & G Maccarini. 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables, acidez intercambiable y capacidad de intercambio catiónico en suelos. *Revista de la Facultad de Agronomía* 3(2):145-155.
- Sparks, D L. 1996. Methods of soil analysis Part 3 - Chemical methods. Madison WI: SSSA, American Society of Agronomy.





## PROMOCIÓN DE *LOTUS TENUIS* EN LA PAMPA DEPRIMIDA: EVALUACIÓN DURANTE EL PERÍODO ESTIVAL

Busto, M. <sup>1\*</sup>, M.S. Vázquez<sup>1</sup>, F.L. Marentes Amaya<sup>2</sup>, P.M. Obregón<sup>1</sup>, J. Otondo<sup>3</sup>, M.A. Bailleres<sup>3</sup>, M.J. Estrella<sup>4</sup>, A. Sannazzaro<sup>4</sup>, J.E. Zilli<sup>5</sup>, A.O. Costantini<sup>1,2</sup>, R.I. Romaniuk<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UBA;

<sup>2</sup> Instituto de Suelos, INTA;

<sup>3</sup> INTA EEA Cuenca del Salado;

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH);

<sup>5</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

\*Av. San Martín 4453 (1417), CABA, [mbusto@agro.uba.ar](mailto:mbusto@agro.uba.ar)

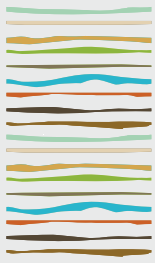
### RESUMEN

*Lotus tenuis* es una leguminosa naturalizada en la Pampa Deprimida, de valor forrajero para la región debido a su capacidad para crecer en ambientes hidro-halomórficos, sus características nutricionales y por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en asociación con rizobios. Debido a que es una especie de lento crecimiento en sus estadios iniciales, en la región se realizan prácticas de promoción, consistentes en disminuir su competencia a través de la remoción física y/o química de otras especies. Surge entonces la necesidad de estudiar el impacto de esta práctica de manejo sobre el éxito en el crecimiento de la población de *L. Tenuis* y su efecto sobre el ciclo del nitrógeno en distintos tipos de ambientes edáficos. En relación a ello, el presente trabajo evalúa el efecto de la promoción de *L. tenuis* sobre la producción de biomasa aérea y la cantidad de nódulos en sus raíces en el período estival, en suelos característicos de diferentes ambientes de la Pampa Deprimida. Se seleccionaron y clausuraron seis parcelas de 3 x 6 m, con y sin historia de promoción de *L. tenuis*, de suelos halomórficos y no halomórficos, dentro de la Chacra Experimental Manantiales, en el cuarto trimestre de 2021. Bajo un diseño factorial, con dos niveles del factor suelo (halomórfico y no halomórfico) y dos niveles del factor manejo (con y sin promoción de *L. tenuis*), se cosechó la biomasa aérea en subparcelas de 0,5 m<sup>2</sup> seleccionadas al azar, se separó *L. tenuis* y se midió su peso seco. Se tomaron muestras de monolitos de suelo de 0,3m<sup>2</sup> de superficie y 30 cm de profundidad, para analizar peso seco de raíces y contenido de nódulos activos e inactivos. Se realizó ANOVA, a partir del cual se observó la existencia de efecto del manejo ( $p = 0,0025$ ), y del suelo ( $p = 0,0910$ ) sobre la biomasa de *L. tenuis* en el período estival. Aquellos sitios promocionados tuvieron, en promedio, 1,59 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa aérea de *L. tenuis*, mientras que los no promocionados 0,26 Mg ha<sup>-1</sup>. En cuanto a los ambientes edáficos, los suelos halomórficos tuvieron mayor biomasa (media = 1,25 Mg ha<sup>-1</sup>) que los no limitantes (media = 0,59 Mg ha<sup>-1</sup>). De forma contrastante, los ambientes halomórficos promocionados presentaron 2,3 Mg ha<sup>-1</sup> de *L. tenuis*, mientras que los dulces no promocionados 0,24 Mg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, no se observaron diferencias en la cantidad de nódulos totales y activos y en la biomasa de raíces entre ambientes ni manejos. Estos resultados muestran que en los ambientes no halomórficos, a pesar de realizar la promoción, las gramíneas y otras especies de ambientes dulces ganan la competencia y restringen el crecimiento de *L. tenuis*. En cambio, las condiciones halomórficas que son restrictivas para las especies no adaptadas, posibilita que la promoción genere mayor biomasa de *L. tenuis*.

**Palabras clave:** leguminosas, nódulos, halomorfismo







## PROMOCIÓN DE *LOTUS TENUIS* EN LA PAMPA DEPRIMIDA DURANTE EL PERÍODO ESTIVAL

Busto, M. <sup>1\*</sup>, M.S. Vázquez<sup>1</sup>, F.L. Marentes Amaya<sup>2</sup>, P.M. Obregón<sup>1</sup>, J. Otondo<sup>3</sup>, M.A. Bailleres<sup>3</sup>, M.J. Estrella<sup>4</sup>, A. Sannazzaro<sup>4</sup>, J.E. Zilli<sup>5</sup>, A.O. Costantini<sup>1,2</sup>, R.I. Romaniuk<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UBA; <sup>2</sup> Instituto de Suelos, INTA;

<sup>3</sup> INTA EEA Cuenca del Salado;

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH);

<sup>5</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

\*Av. San Martín 4453 (1417), CABA, [mbusto@agro.uba.ar](mailto:mbusto@agro.uba.ar)

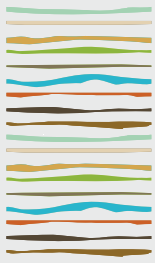
### RESUMEN

*Lotus tenuis* es una leguminosa naturalizada en la Pampa Deprimida, de valor forrajero para la región debido a su capacidad para crecer en ambientes hidro-halomórficos, sus características nutricionales y por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en asociación con rizobios. Debido a que es una especie de lento crecimiento en sus estadios iniciales, en la región se realizan prácticas de promoción, consistentes en disminuir su competencia a través de la remoción física y/o química de otras especies. Surge entonces la necesidad de estudiar el impacto de esta práctica de manejo sobre el éxito en el crecimiento de la población de *L. tenuis* y su efecto sobre el ciclo del nitrógeno en distintos tipos de ambientes edáficos. En relación a ello, el presente trabajo evalúa el efecto de la promoción de *L. tenuis* sobre la producción de biomasa aérea y la cantidad de nódulos en sus raíces en el período estival, en suelos característicos de diferentes ambientes de la Pampa Deprimida. Se seleccionaron y clausuraron seis parcelas de 3 x 6 m, con y sin historia de promoción de *L. tenuis*, de suelos halomórficos y no halomórficos, dentro de la Chacra Experimental Manantiales, en el cuarto trimestre de 2021. Bajo un diseño factorial, con dos niveles del factor suelo (halomórfico y no halomórfico) y dos niveles del factor manejo (con y sin promoción de *L. tenuis*), se cosechó la biomasa aérea en subparcelas de 0,5 m<sup>2</sup> seleccionadas al azar, se separó *L. tenuis* y se midió su peso seco. Se tomaron muestras de monolitos de suelo de 0,3m<sup>2</sup> de superficie y 30 cm de profundidad, para analizar peso seco de raíces y contenido de nódulos activos e inactivos. Se realizó ANOVA, a partir del cual se observó la existencia de efecto del manejo ( $p = 0,0025$ ), y del suelo ( $p = 0,0910$ ) sobre la biomasa de *L. tenuis* en el período estival. Aquellos sitios promocionados tuvieron, en promedio, 1,59 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa aérea de *L. tenuis*, mientras que los no promocionados 0,26 Mg ha<sup>-1</sup>. En cuanto a los ambientes edáficos, los suelos halomórficos tuvieron mayor biomasa (media = 1,25 Mg ha<sup>-1</sup>) que los no limitantes (media = 0,59 Mg ha<sup>-1</sup>). De forma contrastante, los ambientes halomórficos promocionados presentaron 2,3 Mg ha<sup>-1</sup> de *L. tenuis*, mientras que los dulces no promocionados 0,24 Mg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, no se observaron diferencias en la cantidad de nódulos totales y activos y en la biomasa de raíces entre ambientes ni manejos. Estos resultados muestran que en los ambientes no halomórficos, a pesar de realizar la promoción, las gramíneas y otras especies de ambientes dulces ganan la competencia y restringen el crecimiento de *L. tenuis*. En cambio, las condiciones halomórficas que son restrictivas para las especies no adaptadas, posibilita que la promoción genere mayor biomasa de *L. tenuis*.

**Palabras clave:** leguminosas, nódulos, halomorfismo







## IMPACTO DE LA COSECHA FORESTAL EN EL DELTA DEL PARANÁ. DATOS PRELIMINARES

Caffaro, M.M<sup>1\*</sup>, A.M. Lupi<sup>2</sup>, A. Nocerez<sup>1</sup>, C. Carro<sup>1</sup>, F. Gómez<sup>1</sup>, H. Rimski-Korsakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. FAUBA.

<sup>2</sup> Instituto de Suelos, CIRN, INTA, Hurlingham, Argentina.

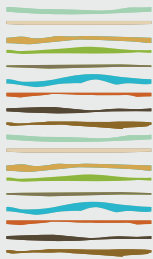
\* caffaro@agro.uba.ar

### RESUMEN

El Río Paraná tiene una extensión de 4000 km, arrastrando sedimentos de diferentes países como Brasil, Paraguay, Bolivia y norte de Argentina. En su curso inferior, se forma el Delta del Río Paraná, abarcando una superficie de aproximadamente 1750000 ha, de las cuales 257000 corresponden a la provincia de Buenos Aires. El clima de la región se califica como templado-húmedo, el régimen de lluvias es isohigro (precipitación anual media de 1021 mm), presentando una disminución ligera en verano. La temperatura media anual es de 16°C. Los vientos predominantes son del cuadrante norte; los del sudeste originan "repuntes" en el delta frontal provocando inundaciones. Los suelos son de origen aluvional, del tipo hapludol fluvéntico. En la actualidad, la producción predominante es de especies forestales con predominio de Salicáceas (ocupando 60000 ha) en la provincia de Buenos Aires. El sauce (*Salix* spp.) es una de las especies cultivadas en los bajos debido a que soporta períodos de anegamiento. Se trabajó en una empresa radicada en esa zona que realiza tableros a partir de madera de sauce. La cosecha la realiza en forma mecanizada, bajo el sistema madera corta CTL (por sus siglas en inglés). La empresa realiza monitoreos periódicos para acceder a certificaciones que garantizan la correcta gestión de los recursos forestales, que acaban convertidos en diferentes productos de consumo. Esto también hace que la empresa implemente medidas preventivas que aporten al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo. Frente al cambio de uso (pajonal a plantaciones) el ciclo del sistema deja de ser cerrado, pudiendo generarse pérdida de materia orgánica, exportación de nutrientes y cambios en el régimen hidrológico. La etapa que posee el mayor potencial de generar un impacto negativo sobre la calidad del suelo se encuentra entre la cosecha y la plantación. El objetivo del trabajo fue generar información que permita conocer los efectos de las prácticas forestales implementadas. Para ello, se cuantificaron diferentes variables químicas y físicas en estos suelos, a través de un plan de mediciones repetidas en el tiempo. Actualmente se encuentra en estudio el primer muestreo donde se analizaron variables físicas: DAP y tasa de infiltración; biomasa pre y post cosecha; mediciones químicas (0-5 cm): pH, CE (dS m<sup>-1</sup>); MO (%); P Bray (ppm); PSI (%). Los niveles de MO fueron superiores al 10%. El P Bray se encontró entre 23 y 76 ppm. Si bien no se detectaron niveles críticos de sodicidad (PSI) ni salinidad (CE) en los primeros 5 cm, determinaciones visuales más profundas muestran indicios de hidromorfismo (moteados y concreciones de Fe y Mn) característico de estos suelos. La tasa de infiltración varió entre 16 y 25 mm h<sup>-1</sup> y la DAP (0-5 cm) entre 0,9 y 1,4 Mg m<sup>-3</sup>. Los residuos precosecha variaron entre 5,4 y 14 Mg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que en postcosecha superaron las 30 Mg MS ha<sup>-1</sup>. Estos datos, sumados a los que se continuarán generando permitirán evaluar el efecto de las prácticas de cosecha forestal de *Salix* en ambientes del Delta del Paraná.

**Palabras clave:** calidad de suelo, Delta del Paraná, variable físico-químicas.





## **RESISTENCIA MECÁNICA A LA PENETRACIÓN EN DIFERENTES SECUENCIAS DE CULTIVOS.**

Casasola, E.<sup>1,\*</sup>, L. Pistoni<sup>2</sup>, A. Mireti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ERA INTA Casilda; <sup>2</sup> Escuela Agrotécnica

\*Lib. Gral. San Martín. UNR;

\* Fray Luis Beltrán 2436 (2170) Casilda, Prov. de Santa Fe, [casasola.ERICA@inta.gob.ar](mailto:casasola.ERICA@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

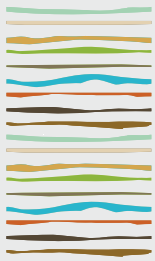
La reducción de la proporción de gramíneas en la secuencia de cultivo y el aumento de la frecuencia de soja conduce a la degradación de la calidad productiva de los sistemas. En suelos con alta proporción de limo esto podría implicar aumento de la densidad, e incluso conducir a la aparición de capas densas subsuperficiales. Dicho incremento de la densidad implica disminución en el crecimiento y exploración radicular y de la circulación del agua y el aire dentro del mismo, afectar la actividad de plantas, microorganismos y los ciclos de nutrientes en el suelo. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar luego de 3 años, el efecto de diferentes secuencias de cultivos sobre la resistencia mecánica a la penetración en un Argiudol típico Serie Peyrano del sur de Santa Fe.

En un ensayo de larga duración ubicado en Casilda se evaluaron tres secuencias de cultivo: 1) Soja-Soja (S-S); 2) Soja-cultivo de cobertura gramínea-Soja (S-cc-S) y 3) Maíz-Soja-Trigo/Soja (M-S-T/S). El diseño fue en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. Utilizando un penetrómetro digital (Scout Data WGS84) se midió la resistencia mecánica a la penetración (RMP) hasta el inicio del Bt a 40 cm de profundidad con 20 mediciones en cada unidad experimental. En todos los tratamientos se encontró aumento de la RMP entre los 10 y los 17,5 cm de profundidad, siendo significativamente mayor y más cercano al umbral agronómico de 2000 kPa en S-S. En los demás tratamientos que contenían gramíneas en la secuencia, la RMP se encontró bastante por debajo de ese valor en todo el perfil evaluado. El promedio se mantuvo entre 1200 y 1600 KPa, siendo más alto en aquellas parcelas con soja como antecesor a la fecha de medición. La secuencia S-S duplicó el aumento en la RMP en profundidad con respecto a los demás tratamientos, siendo la secuencia S-cc-S la que mantuvo valores de RMP menos variables en profundidad.

Estos resultados indican el impacto negativo que el monocultivo de soja produce sobre el sistema edáfico. A su vez resalta la importancia que tendría la intensificación agrícola con la inclusión de gramíneas en las secuencias para mejorar algunos aspectos físicos y las relaciones biológicas y químicas del suelo.

**Palabras clave:** intensificación, resistencia mecánica a la penetración, raíces.





## ENYESADO PARA REVERTIR PROBLEMAS DE SODICIDAD POR RIEGO: EFECTO DE FUENTE Y DOSIS

Chevallier Boutell, J.<sup>1</sup>, W.D. Carciochi<sup>1,2,\*</sup>, G.V. García<sup>1,2</sup>, N. Diovisalvi<sup>3</sup>, P. Iglesias<sup>1</sup>, N. Wyngaard<sup>1,2</sup>, C. Crespo<sup>1,2</sup>, H.R. Sainz Rozas<sup>1,2</sup>, N.I. Reussi Calvo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Unidad Integrada Balcarce (FCA-INTA);

<sup>2</sup> CONICET;

<sup>3</sup> Fertilab;

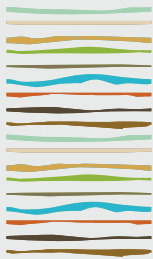
\* Ruta Nacional 226, km 73,5, (7620) Balcarce, Prov. de Buenos Aires, waltercarciochi@hotmail.com

### RESUMEN

El uso no controlado de agua de riego con bicarbonato de sodio puede generar problemas de sodicidad en el suelo. La aplicación de yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) es una estrategia para reducir el efecto del exceso de sodio en el suelo. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de fuentes y dosis de yeso sobre distintas propiedades químicas, y su impacto en el rendimiento en grano de cebada (*Hordeum vulgare* L.). En 2021 se realizaron dos experimentos (E1 y E2) bajo siembra directa en un lote del sudeste bonaerense ( $37^\circ 57' 42,4''$  S;  $58^\circ 50' 42,9''$  O) con 10 años de riego con agua bicarbonatada sódica. El E1 se caracterizó por tener (0-10 cm) un pH de 5,9 y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 4,8%, E2 pH de 6,2 y PSI de 5,7%, y el área fuera del pivot pH de 5,4 y PSI de 1,4%. El diseño experimental de cada ensayo fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. En ambos ensayos se evaluaron tres fuentes de yeso [Azufértil (A), Yeso Fértil (YF) y Yeso fino (Yf)] en una dosis de  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ , más un testigo (T) sin enyesar. Además, en E1 se evaluaron YF y Yf con una dosis de  $3 \text{ Mg ha}^{-1}$ . La aplicación se realizó en superficie un mes previo a la siembra de la cebada. A la cosecha del cultivo (9 meses post-aplicación del yeso) se determinó su rendimiento en grano y se tomaron muestras de suelo (0-10, 10-20 y 20-40 cm) en cada unidad experimental para determinar pH y PSI. La aplicación de yeso redujo el pH del suelo o tendió a hacerlo en ambos experimentos y a las tres profundidades evaluadas. Dicha reducción de pH fue de 3,6% (de 6,20 a 5,98 en E1 y de 6,43 a 6,21 en E2) promedio de ensayos y profundidades. El PSI tendió a disminuir con el enyesado 22% en E1 y 5% en E2 (0-10 cm). En general, los menores valores de pH y PSI se observaron con el uso de Yf. Respecto a las dosis, para ambas variables se observó una reducción más marcada con  $3 \text{ Mg ha}^{-1}$  que con  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ , y con Yf que con YF. En promedio entre las profundidades y ensayos, el pH se redujo de 6,20 (T) a 6,02 (YF- $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), 5,93 (Yf- $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), 5,89 (YF- $3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y 5,81 (Yf- $3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Por su parte, el PSI se redujo de 4,63 (T) a 4,38 (YF- $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), 4,21 (Yf- $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), 4,09 (YF- $3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y 3,90 (Yf- $3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). La aplicación de yeso no generó cambios significativos sobre el rendimiento en grano de la cebada. Sin embargo, se observó, como tendencia, un mayor rendimiento por efecto del enyesado, siendo el efecto con Yf o YF (+15% de rendimiento) mayor que con A (+8% de rendimiento). Se concluye que hay efecto de fuentes (mayor efecto de Yf) y dosis (mayor efecto de  $3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) de yeso para mejorar en el corto plazo problemas de sodicidad por riego.

**Palabras clave:** sodio intercambiable, pH, cebada.





## **ESTADO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS FRANCO-ARENOSOS EN USO AGRICOLA BAJO SIEMBRA DIRECTA A ESCALA REGIONAL**

Pereyra A.<sup>1</sup>, Corigliano, J.A.<sup>2</sup>, Cisneros J.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Actividad privada,

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Enlace Ruta 8 y 36 km 601. jcisneros@ayv.unrc.edu.ar

### **RESUMEN**

La provincia de Córdoba ha intensificado su producción agrícola en base al reemplazo de ganadería y de uso mixto, hacia ambientes susceptibles a erosión. La hipótesis del trabajo es que los cambios en el uso y el tránsito bajo siembra directa en textura franco-arenosa, incrementan la compactación por encima de valores tolerables para los cultivos. El objetivo fue caracterizar el estado actual y la distribución espacial de dos indicadores relacionados a compactación: resistencia mecánica (RM) y densidad aparente (DA). El estudio comprendió un área delimitada por la ruta 158 al Oeste, el arroyo Carnerillo al Norte, el arroyo Chucul al Sur y las depresiones ubicadas al Este de la ruta 4, abarcando una extensión de 280.000 has. Los suelos son asociaciones de Haplustoles énticos y típicos, franco arenosos a arenoso-francos. Se muestrearon en forma exploratoria y al azar, cincuenta y un (51) sitios, con dos situaciones de uso: Agrícola y Monte (situación con mínima alteración). La RM se midió con el penetrómetro de impacto y la DA con el método del barreno. Los resultados indican que ambos indicadores mostraron diferencias significativas entre ambas situaciones de uso. Las capas ubicadas entre los 15 y 25 cm mostraron los mayores valores de RM y DA. Del total de situaciones agrícolas, más del 85 % mostró valores superiores al umbral de 2,0 MPa de RM, en especial entre 15 y 25 cm. Se encontró que los suelos agrícolas con una humedad cercana a capacidad de campo, ya muestran RM superiores a 2 Mpa. Estos resultados mostraron una amplia y uniforme distribución territorial. Se confirmaría la hipótesis de la relación entre uso y manejo del suelo y degradación física, la posible pérdida de productividad/calidad de los suelos y la necesidad de implementar estrategias de manejo de las compactaciones subsuperficiales en este tipo de ambiente.

**Palabras clave:** Degradación física, enraizamiento, tránsito agrícola.

### **INTRODUCCION**

La región central de Córdoba ha sufrido cambios acelerados en el uso de las tierras, pasando de 2 a 8 M ha en los últimos 25 años (IDECOR, 2021). Estos cambios pueden atribuirse a innovaciones tecnológicas y paquetes productivos comerciales (siembra directa+glifosato+soja RG), a un aumento de las precipitaciones y la altura de la napa, y a las formas de arrendamiento anual de los campos, entre otros. Los cambios se dieron desde sistemas de producción tradicionalmente mixtos (agrícola-ganaderos), hacia sistemas agrícolas puros (Cisneros, *et al*, 2015; Corigliano *et al*, 2018).

Una de las principales externalidades negativas de la conversión de tierras naturales a cultivos es el incremento en los procesos erosivos, es decir, una mayor salida de sedimentos y otros contaminantes desde el predio, asociada a un incremento en la tasa de escurrimiento superficial. Otro efecto importante, reportado para suelos de la región, se relaciona a la pérdida de materia orgánica por efecto de la intensificación agrícola (Duval *et al*, 2016). Una revisión reciente vincula el grado de compactación de los suelos con la hidrología superficial y la inundación (Alaoui *et al.*, 2018), fenómenos que han sido reportados en el área de estudio



(Cisneros et al., 2019). Las relaciones entre compactación y pérdida de productividad también han sido bien documentadas (Yang et al., 2022, Botta et al., 2022). Si bien se han desarrollado métodos para la evaluación regional de la susceptibilidad a compactación (D'Or y Destain, 2014), para Argentina no se han reportado evaluaciones del estado actual de la compactación a escala regional.

En base a estas observaciones, se hipotetiza que los cambios en el uso y el tránsito bajo siembra directa en suelos de textura franco-arenosa, incrementan la compactación por encima de valores tolerables para los cultivos, y que dicha compactación se manifiesta uniformemente en el área de estudio. El objetivo fue caracterizar en forma exploratoria, el estado actual y la distribución espacial de la compactación en dos condiciones de suelo: agrícola y con mínima alteración, a través de dos indicadores: resistencia mecánica (RM) y densidad aparente (DA).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio comprendió un área delimitada por la ruta 158 al Oeste, el arroyo Carnerillo al Norte, el arroyo Chucul al Sur y las depresiones ubicadas al Este de la ruta 4, al Este de Chazón, abarcando una extensión de aproximadamente 280.000 has (Figura 1). Predominan Haplustoles típicos y énticos, con texturas franco arenosa al Oeste y franca al Este, con niveles freáticos por debajo de 2 m en los suelos de aptitud agrícola. El uso actual de los suelos agrícolas es de 60 % soja, 30 % maíz, 8-10 % maní, y menos de 2 % de pasturas perennes.

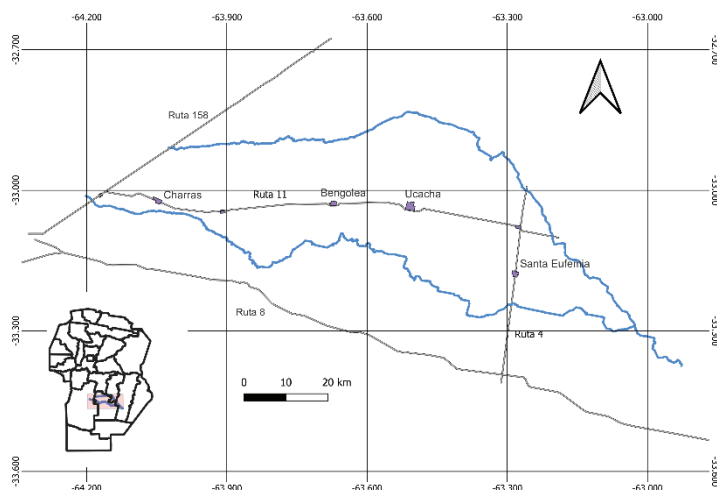


Figura 1: Área de estudio y ubicación en la provincia de Córdoba.

Se seleccionaron 51 sitios de muestreo, 46 sitios en tierras bajo uso agrícola y 5 sitios bajo uso forestal (montes sin agricultura en los últimos 50 años), en forma dirigida a posiciones de media loma alta y loma, para evitar influencia de la napa sobre la humedad del suelo (Figura 9). En cada sitio se realizó una observación de morfología, estructuras y enraizamiento, y se determinó: a) RM por el método del penetrómetro de impacto, con cono de 60 grados hasta los 0,40 m de profundidad, midiendo cada intervalo de 5 centímetros hasta dicha profundidad, con 3 repeticiones b) DA, cada 10 cm, hasta 40 cm, con el método del barreno (Agostini et al, 2014), por triplicado y, c) humedad gravimétrica actual, por secado en estufa a 105 grados de cada muestra de DA. Para testear la hipótesis, las diferencias entre situaciones se compararon, para cada profundidad en base a test de diferencias de medias. El valor de RM tolerable se estableció como 2,0 Mpa (Taylor et al, 1966), en una humedad cercana a la capacidad de campo de los suelos, extraída de la Carta de Suelos General Cabrera (INTA, 1986). Daddow y Warrington (1983) proponen un valor de 1,65 Mg/m<sup>3</sup> es el umbral de DA para permitir el crecimiento radicular. Se testó la correlación entre valores de RM y humedad, para estimar no sólo efectos mecánicos en la raíz, sino además sobre la disponibilidad de agua o Intervalo Hídrico Optimo.

Las muestras georreferenciadas se ordenaron en un SIG, utilizando el programa Quantum GIS (QGIS.org, 2020). Mediante esta herramienta se logra una síntesis areal de los datos relevados a campo, que permita observar la distribución espacial de las propiedades analizadas, en forma cualitativa.



## RESULTADOS Y DISCUSION

### Morfología del suelo, resistencia mecánica y humedad

Morfológicamente cada una de las condiciones de suelo muestreadas presentó características muy contrastantes. Los suelos bajo uso agrícola presentaron estructura apedal en los primeros 5 cm, con predominio de grano suelto y síntomas de encostramiento superficial, claramente representa la zona trabajada por las sembradoras de directa y removida por el taco de las ruedas. De 5 a 10 cm aparecen estructuras laminares de 2-3 cm de espesor y raíces creciendo horizontalmente, entre los planos de las láminas, similar a un "efecto maceta", donde comienza el efecto del tránsito. Entre 10 y 20 cm, continúan las estructuras laminares, y comienzan los bloques angulares duros, con frecuente aparición de "lamelas" con menor permeabilidad (Lopez et al., 2018), en esta capa se encuentra el límite entre el horizonte Ad y AC y se observan raíces creciendo entre grietas. De 20 a 30 cm, la estructura es en bloques angulares, duros en seco, con muy pocas raíces en la masa. Por debajo de 30 cm la estructura es masiva, con bloques subangulares, débiles. Los suelos bajo uso natural de monte, conservan un horizonte A de 22 a 25 cm, con estructuras en bloques subangulares y granular fina, pasando gradualmente a estructuras en bloques subangulares débiles y masiva en el horizonte AC, con abundante crecimiento de raíces de gramíneas en toda la masa.

Los valores de RM reflejan estos cambios estructurales. En las situaciones agrícolas este indicador muestra una distribución de valores crecientes hasta los 25-30 cm, alcanzando los 3,5 MPa en promedio, para luego disminuir a los 40 cm, a valores de 2,3 MPa (Figura 2). A partir de los 10 cm el suelo ya comienza a superar el valor crítico de 2 Mpa. En contraste, para la situación de monte, los valores de RM en promedio, no superan 1,2 MPa (Figura 3).

Si bien los coeficientes de variación son altos para las profundidades por debajo de 5 cm, las diferencias de RM entre situaciones de uso son todas altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para todas las profundidades (salvo para 0-5 cm).

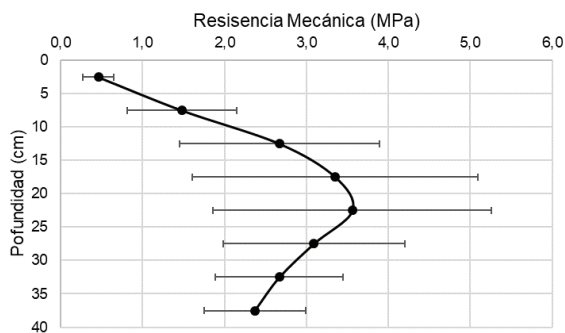


Figura 2: Variación de la Resistencia mecánica con la profundidad en suelos franco-arenosos bajo uso agrícola (n=46, líneas horizontales= desvío standard).

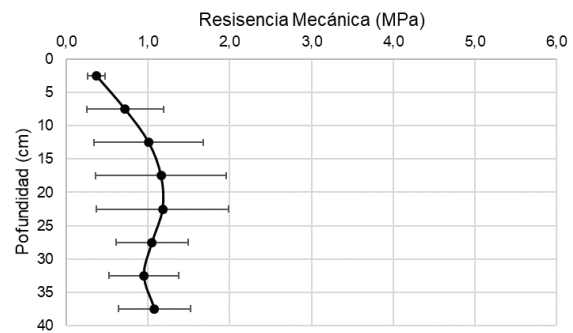


Figura 3: Variación de la Resistencia mecánica con la profundidad en suelos franco-arenosos bajo monte (n=5, líneas horizontales=desvío standard).

La humedad del suelo en el momento de las determinaciones fue variable, debido a las fechas de muestreo, a la variabilidad misma de los usos del suelo en cada sitio y a la distribución del contenido hídrico entre horizontes. No obstante, la mayor parte de las determinaciones en las situaciones agrícolas se encontraron próximas a la capacidad de campo (CC) de los suelos. Los valores de CC para las series Olaeta, Carnerillo y General Cabrera son de 11 a 14, 11 a 12 y 15 a 12 para el primer y segundo horizonte respectivamente (INTA, 2022).

Los valores de humedad promedio de las determinaciones estuvieron entre 12 y 13 % para las situaciones agrícolas (extremos de 5 a 25 %) y entre 16 y 20 % para las situaciones bajo monte. Para las situaciones agrícolas, las capas de 15-20 y 20-25 cm mostraron la más alta correlación entre RM y humedad ( $r^2$  0,45 y 0,46 respectivamente), con variaciones del orden de 0,1 a 0,15 MPa de incremento de RM por cada punto de disminución de la humedad gravimétrica. A pesar de su variabilidad relativamente alta, los datos agregados





muestran que el 85 y 89 % de los valores de RM son superiores a 2 Mpa para las profundidades de 15-20 y 20-25 cm respectivamente (Figuras 4 y 5). Esto indicaría que los suelos, a pesar de tener condiciones hídricas no limitantes (cercasas o por encima de su capacidad de campo), sufrirían restricciones al crecimiento de raíces y limitaciones en la disponibilidad hídrica, considerando el Intervalo Hídrico Óptimo (.....)

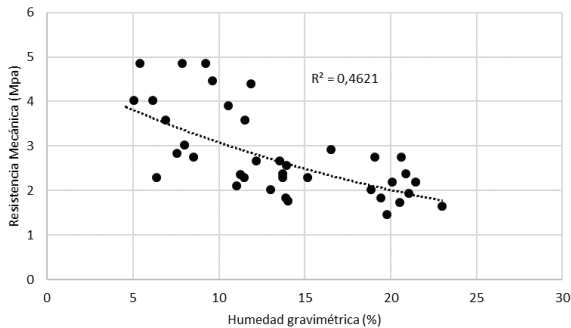


Figura 4: Variación de la Resistencia mecánica con la humedad para la capa de 15 a 20 cm en suelos franco-arenosos bajo uso agrícola.

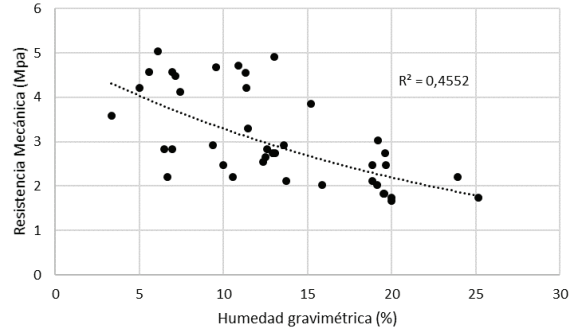


Figura 5: Variación de la Resistencia mecánica con la humedad para la capa de 20 a 25 cm en suelos franco-arenosos bajo uso agrícola.

### Densidad aparente

Las situaciones agrícolas mostraron valores significativamente mayores que bajo monte para todas las profundidades evaluadas. Los valores máximos medios de DA fueron de 1,54 y 1,3 Mg/m<sup>3</sup> para la capa de 10 a 20 cm en las situaciones agrícolas y bajo monte respectivamente (Figuras 6 y 7). En el 63 % de los sitios agrícolas se encontraron valores superiores a 1,5 Mg/m<sup>3</sup> en la profundidad de 10 a 20 cm. DA no mostró correlación significativa con la humedad, como es esperable en suelos de matriz rígida, no expansiva. Los valores máximos encontrados para las situaciones agrícolas, muestran consistencia con los valores máximos de RP, resultando crítica la capa entre 15 y 25 cm, para ambos indicadores.

Los valores máximos encontrados en este trabajo, coinciden con los valores de DA máxima (Proctor) para suelos de La Pampa (Fernandez et al., 2016), quienes encontraron valores de 1,55 Tn/m<sup>3</sup>, para suelos de textura similar. Este hallazgo, que indica que los valores de DA actuales coinciden aproximadamente con los de la DAMax, en la mayoría de los sitios, reforzaría la hipótesis de los niveles críticos de compactación hallados.

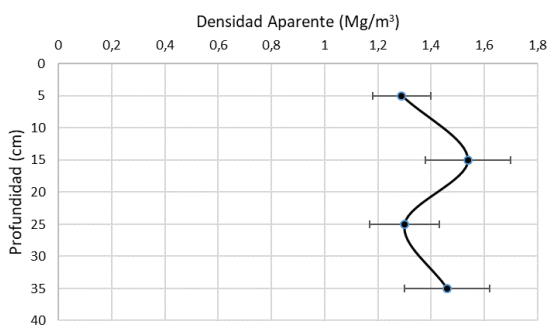


Figura 6: Variación de la Densidad Aparente con la profundidad en suelos franco-arenosos bajo uso agrícola (n=46, líneas horizontales representan el desvío standard de la serie).

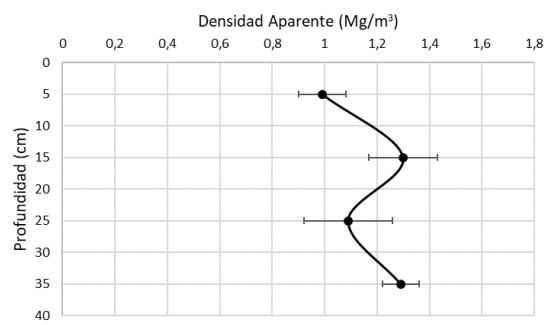


Figura 7: Variación de la Densidad Aparente con la profundidad en suelos franco-arenosos bajo monte (n=5, líneas horizontales representan el desvío standard de la serie).

### Distribución regional de resultados

Los valores medios de RM en el espacio regional, mostraron una distribución uniforme; la mayor parte de los sitios indican la presencia de compactaciones por debajo de los 10 cm, con extremos de entre 85 y 89 % entre 15 y 30 cm (Figura 8). Por debajo de 30 cm también se evidencian signos de compactación con distribución uniforme en toda el área de estudio. En la Figura 9 se muestran los valores de RM en la profundidad de 20-25 cm, donde se puede apreciar la uniformidad territorial en la distribución del fenómeno estudiado.



## CONCLUSIONES

Los suelos de texturas franco arenosas bajo uso agrícola en siembra directa presentan degradación física por compactación de los horizontes subsuperficiales, en especial entre 15 y 30 cm. La compactación se manifiesta en valores de RM superiores a 2 Mpa y DA cercanas a 1,6 Mg/m<sup>3</sup>, y muestran diferencias muy significativas con las situaciones de referencia bajo monte. La compactación está uniformemente distribuida en un área de 280.000 has representativa del centro de Córdoba,

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo final de grado del Ing. Pereyra financiado por SECYT-UNRC y Consultoría al Ministerio de Agricultura y Ganadería de Córdoba para el Consejo Regional de Suelos del Departamento Roque Sáenz Peña.

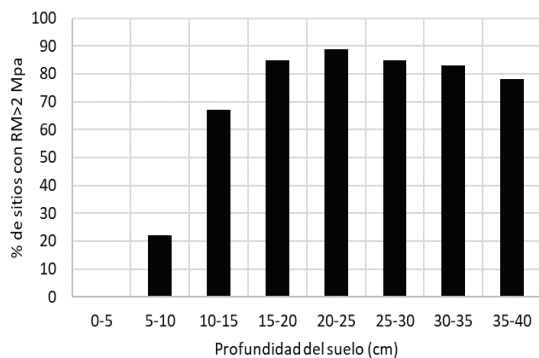


Figura 8: Porcentaje de sitios relevados con valores de RM superiores a 2 Mpa para diferentes profundidades de suelos franco-arenosos bajo uso agrícola (n=46).

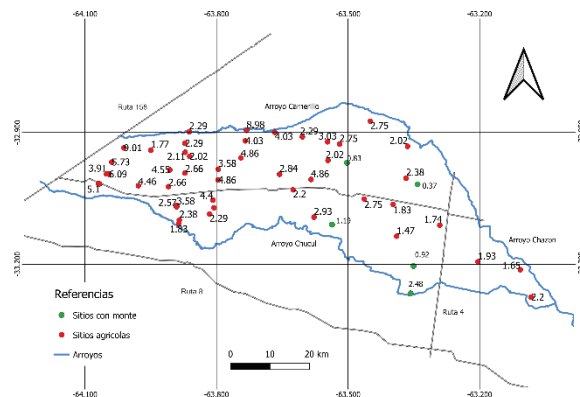


Figura 9: Distribución de valores medios de RM (MPa) en la profundidad de 20-25 cm en suelos franco-arenosos bajo uso agrícola y monte.

## BIBLIOGRAFIA

- Agostini MA; MG Monterubbianesi; GA Studdert y S Maurette. 2014. Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del Suelo* 32(2): 171-176.
- Alaoui A; M Rogger; S. Peth; G. Blöschl. 2018. Does soil compaction increase floods? A review. *Journal of Hydrology* 557 (2018) 631–642.
- Botta, GF; DL Antille; GF Nardon; D Rivero; F Bienvenido; EE Contessotto; A Ezquerro-Canalejo; JM. Ressa. 2016. Zero and controlled traffic improved soil physical conditions and soybean yield under no-tillage. *Soil and Tillage Research* <https://doi.org/10.1016/j.sti.2021.105235>
- Cisneros JM; AJ Degioanni; JG González; CG Cholaky; JJ Cantero, A Cantero G, A y JL Tassile. 2015. Degradación de suelos en la provincia de Córdoba. En: Casas, R. R. y Albarracín, G. L. (Ed.) *El deterioro del suelo y el ambiente en Argentina*. PROSA-FECIC. Tomo II, 87-100.
- Cisneros JM; JA Corigliano; JG González; S Lameiro; C Cholaky S Cabrera y A Güendulain. 2019. Estudio esquemático de las cuencas medias y bajas comprendidas entre los arroyos Chucul y Carnerillo. Informe de consultoría FAV-SECYOT, 73 pags.
- Corigliano J; Cisneros J y Gonzalez J. 2018. Dinámica de la erosión hídrica y conectividad hidrológica en ambientes arenosos. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, San Miguel de Tucumán, En Actas, pag. 937.
- D'Or D and MF Destain. 2014. Toward a tool aimed to quantify soil compaction risks at a regional scale: Application to Wallonia (Belgium). *Soil & Tillage Research* 144 53–71.
- Duval ME; JA Galantini; JM Martínez y JO Iglesias. 2016. Comparación de índices de calidad de suelos agrícolas y naturales basados en el carbono orgánico. *Ciencia del Suelo* 34(2): 197-209.
- Fernández R; A Quiroga; C Álvarez; C Lobartini y E Noellemeyer. 2016. Valores umbrales de algunos indicadores de calidad de suelos en molisoles de la región semiárida pampeana. *Ciencia del Suelo*, (34):2
- IDECOR. 2021. [https://www.idecor.gov.ar/wp-content/uploads/2021/12/Informe-Cosecha-20-21\\_Gobierno-de-Cordoba.pdf](https://www.idecor.gov.ar/wp-content/uploads/2021/12/Informe-Cosecha-20-21_Gobierno-de-Cordoba.pdf)
- López J; A Degioanni y MA Becerra. 2018. Permeabilidad en horizontes con lamelas. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, San Miguel de Tucumán, En Actas, pag. 32.

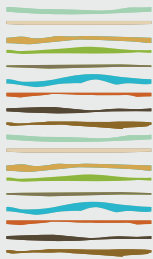




Taylor, HM; GM Roberson & JJ Parker Junior. 1966. Soil strength-root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. Soil Sci. 102:18-22.

Yang P; Dong W; Heinen M; Qin W; O Oenema. 2022. Soil compaction prevention, amelioration and alleviation measures are effective in mechanized and smallholder agriculture: A Meta-Analysis. Land, 11, 645. <https://doi.org/10.3390/land11050645>





## **ESTABILIDAD ESTRUCTURAL BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EN PALMA SOLA- JUJUY**

Colque, R.A.<sup>1\*</sup>, Aracena, G.E.<sup>1</sup>, Leaño, M.C.<sup>1</sup>, Medina, D.E.<sup>1</sup>, Mendoza, J.<sup>1</sup>, Rodas, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Jujuy.  
Alberdi 47, San Salvador de Jujuy. CP 4600 – Jujuy.

\* [raul\\_a\\_colque@fca.unju.edu.ar](mailto:raul_a_colque@fca.unju.edu.ar)

### **RESUMEN**

La importancia de las prácticas de manejo de base agroecológica ha sido ampliamente tratada en la literatura. En la práctica, la aplicación de principios agroecológicos se centra sobre dos pilares fundamentales, el mejoramiento de la calidad del suelo; y el manejo del hábitat mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación. El estudio se realizó en dos establecimientos situados en el área Real de los Toros perteneciente a la localidad de Palma Sola – Santa Bárbara, Jujuy. El objetivo del trabajo fue evaluar la estabilidad de agregados en suelos bajo diferentes sistemas de manejo. Se determinó el diámetro medio ponderado en un sitio convencional que presenta un historial de más de 30 años con producción de hortalizas, con remoción de suelo, uso de implementos de labranza y de agroquímicos; un sitio agroecológico con producción asociada con frutales y hortalizas, con un sistema de riego por goteo, fertilización a base de guano sólido y fertilización foliar con microorganismos, durante los últimos cinco años, y un sitio sin disturbar como referencia. Dentro de cada establecimiento y en el sitio de referencia muestreados, se delimitó un área representativa y en cada una de ellas se tomó tres muestras compuestas a dos profundidades. Los resultados del diámetro medio ponderado reportaron que la situación sin disturbio presentó una mejor estabilidad estructural superficial respecto a los suelos bajo agricultura. No existió un efecto significativo de los diferentes tratamientos agrícolas sobre esta propiedad física edáfica en ambas profundidades analizadas.

**Palabras clave:** agregados, convencional, agroecología.

### **INTRODUCCION**

La producción con criterios agroecológicos tiene el potencial de producir localmente gran parte de los alimentos necesarios para las comunidades rurales y urbanas, particularmente en un mundo amenazado por el cambio climático y otros problemas, como la pandemia (Altieri y Nicholls, 2020) y al ser más diversa, eficiente y no depender de recursos externos es más resiliente a dichos problemas; así también, se utiliza en general los recursos renovables que son más baratos y a la vez menos contaminantes (Infante y San Martín, 2016). En la práctica, la aplicación de principios agroecológicos se centra sobre dos pilares fundamentales, el mejoramiento de la calidad del suelo; y el manejo del hábitat mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación (Altieri y Nicholls, 2007). Mientras que, en un sistema de manejo convencional con producción hortícola se requiere numerosas labores para su implantación, provocando como consecuencia un deterioro físico, químico y biológico del suelo, resultando una disminución de la diversidad biológica edáfica. Para evaluar el estado de evolución y degradación del suelo es necesario conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. Dentro de las propiedades físicas la estabilidad de agregados es considerada por varios autores como la variable que mejor refleja los cambios producidos por las prácticas de manejo (Wilson et al., 2000), es un indicador de los procesos implicados en la degradación del suelo (Six et al., 2000) dado que incide sobre la infiltración, la retención de agua, la aireación y resistencia a la penetración de las raíces (Rillig et al., 2002) y la formación de sellado superficial (Gallardo-Carrera et al., 2007). El uso agrícola a me-



diano y largo plazo altera la estructura, manifestándose en la disminución de la estabilidad (Shepherd et al., 2001) y del diámetro medio ponderado de los agregados (Dexter, 1988). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la estabilidad de agregados a través del diámetro medio ponderado, en suelos bajos cultivos en diferentes sistemas de manejo: convencional, agroecológico y en su ambiente de referencia natural sin disturbar.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó durante el año 2020 en dos establecimientos, ambos situados en el área Real de los Toros perteneciente a la localidad de Palma Sola – Santa Bárbara, Jujuy, corresponde a la región del Ramal que se caracteriza por un clima subtropical, presenta una temperatura media anual de 20.2 °C, la precipitación media es de 788 mm al año. Se trabajó sobre un suelo franco arenoso clasificado como un Haplustepte fluvéntico según clasificación Taxonómica de USDA.

### **Sistemas de manejo**

Sitio convencional: este establecimiento presenta un historial con un manejo convencional de más de 30 años con producción de hortalizas, el mismo realiza remoción de suelo con implementos de labranza (arado de disco, rastra, etc.), uso de fertilizantes, insecticidas y fungicidas.

Sitio agroecológico: en los últimos cinco años este establecimiento se dedica a la producción combinada entre frutales y hortalizas con manejo agroecológico, anteriormente dicho establecimiento realizaba producción de hortaliza bajo un manejo convencional. Toda la producción cuenta con un sistema de riego por goteo, la fertilización se realiza a base de guano sólido y fertilización foliar con microorganismos.

Sitio sin disturbar: en el área bajo estudio (Real de los Toros) se localizo un sitio sin disturbio, cuyas propiedades fueron evaluadas y tomadas como referencia o testigo.

### **Muestreo**

Para el muestreo de suelo, dentro de cada establecimiento y el sitio de referencia, se delimito un área representativa y en cada una de ellas, se tomó tres muestras compuestas a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm).

### **Determinaciones Analíticas**

Entre las variables físicas se determinó la estabilidad estructural a partir de la metodología propuesta por Le Bissonnais (1996). La textura a través del análisis de tamaño de partícula propuesto por Boyoucos (1962). De las variables químicas se determinaron el pH actual sobre una suspensión suelo: agua de 1:2.5; CE en extracto de pasta saturación (Rhoades, 1982); nitrógeno total (NT) según el método de Kjeldahl (Bremner y Mulvaney, 1982); fósforo extractable (PE): según la metodología propuesta por Bray y Kurtz (1945); carbono orgánico total (COT) utilizando el método de oxidación húmeda de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1982). En la tabla 1 se describe los datos analíticos químicos, y granulométrico de los sitios evaluados, muestreados a dos profundidades.



Tabla 1. Valores analíticos del suelo sin disturbar y bajo cultivo en sistemas agroecológico y convencional a dos profundidades, Real de los Toros. Jujuy. 2020

Sitios	COT	NT	PE	pH	CE	Clase
	%	%	mg.kg <sup>-1</sup>	1:2,5	dS.m <sup>-1</sup>	Textural
Superficial 0-15 cm						
<b>Situación sin disturbar</b>	3,97	0,35	25	7,40	1,52	FA
<b>Agroecología</b>	1,71	0,16	32	8,64	0,627	FA
<b>Convencional</b>	1,40	0,13	20	7,50	1,680	FA
Subsuperficial 15-30 cm						
<b>Situación sin disturbar</b>	1,88	0,17	7	7,53	0,724	FA
<b>Agroecología</b>	1,62	0,15	14	8,60	0,607	FA
<b>Convencional</b>	1,41	0,13	14	7,52	2,070	FA

COT: carbono orgánico total; NT: nitrógeno total; PE: fosforo extractable; CE: conductividad eléctrica; FA: franco arenoso

## RESULTADOS Y DISCUSION

Mayores valores del diámetro medio ponderado (DMP) se asocian a una mayor estabilidad estructural, siendo los valores más altos (2,06 mm) en el sitio de referencia que en los suelos bajo cultivo para ambas profundidades (Tabla 2). No se observaron diferencias significativas entre los suelos bajo cultivo. Según el criterio de clasificación de la estabilidad estructural presentado por Le Bissonais (1996), las categorías obtenidas de acuerdo a los resultados del DMP, variaron entre inestables, medianamente estables y muy estables, obteniendo esta última clase solo la situación testigo.

Tabla 2. Valores promedios del diámetro medio ponderado (DMP) y clasificación de estabilidad según Le Bissonais, 1996, para los distintos sitios evaluados. Real de los Toros, Jujuy. 2020

Sitios	DMP	Estabilidad
	mm	
Superficial 0- 15 cm		
<b>Situación sin disturbar</b>	2,06 a	Muy estable
<b>Agroecológico</b>	0,98 b	Medianamente estable
<b>Convencional</b>	0,66 b	Inestable
Subsuperficial 15-30 cm		
<b>Situación sin disturbar</b>	1,30 a	Medianamente estable
<b>Agroecológico</b>	1,22 a	Medianamente estable
<b>Convencional</b>	0,67 a	Inestable

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. Test Duncan ( $p < 0,05$ )

Como se observa en la Tabla 2, esta clasificación no fue adecuada para separar el efecto del sistema agroecológico sobre la estructura del suelo, en relación a lo observado en el manejo convencional a nivel superficial y subsuperficial. En consecuencia, el DMP del manejo agroecológico era de esperar que sea mayor que en el convencional; sin embargo, el efecto entre sistemas ha resultado similar, este resultado podría atribuirse al reciente manejo conservacionista (5 años de agroecología). Al respecto un estudio realizado en España, por Bienes et al. (2021), donde se analizaron treinta años de manejo de tres sistemas de labranza: convencional (LC), mínima (ML) y cero (NL), reportaron que el suelo bajo NL experimentó el mayor aumento en carbono orgánico, secuestro de carbono orgánico (SCO), estabilidad de agregados y densidad aparente, reportaron que la respuesta fue más lenta en ML, diferenciándose significativamente del LC recién a partir del año 20. La pérdida de DMP para el manejo convencional respecto a la situación inalterada fue del 68 % y 48 % para



el estrato superficial y más profundo, respectivamente, mientras que para el sistema agroecológico fue algo menor (52 %) a nivel superficial. Un exceso en la intensidad del laboreo reduce la estabilidad de los agregados al aumentar la mineralización de la materia orgánica, lo que conduce a una reducción en el tamaño de los agregados (Guzmán Casado et al. 2000; Balcaza, 2009). Por su parte, López y Marasas, 2013 sostienen que desde el punto de vista estructural la labranza intensiva favorece la formación de planchados y pisos de arados, compactación general, reduce la infiltración, aumenta la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica, y dificulta el desarrollo radicular de las plantas.

## CONCLUSIONES

La situación sin disturbio presentó una mejor estabilidad estructural superficial respecto a los suelos bajo agricultura. No existió un efecto significativo de los diferentes tratamientos agrícolas sobre esta propiedad física edáfica en ambas profundidades analizadas, dado que se los atribuye al reciente manejo agroecológico.

## AGRADECIMIENTO

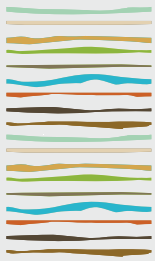
Al laboratorio de análisis de suelo y agua de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy.

A los productores de los establecimientos evaluados.

## BIBLIOGRAFIA

- Altieri, MA & C Nicholls. 2020. La Agroecología en tiempos del COVID-19. Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas (CELIA), 35(5)1-7
- Altieri, MA & CI Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas. 1(16):3-12.
- Balcaza, LF. 2009. Causas y manejos de suelos degradados. Boletín Hortícola 42:31-3.
- Bienes, R; MJ Marques; B Sastre; A García-Díaz; I Esparza; O Antón & R Alarcón. 2021. Tracking changes on soil structure and organic carbon sequestration after 30 years of different tillage and management practices. *Agronomy*, 11(2), 291.
- Dexter, AR. 1988. Advances in the characterization of soil structure. *Soil Tillage Res.* 11: 199-238.
- Gallardo-Carrera, A; J. Léonard; Y Duval & C Dürr. 2007. Effects of seedbed structure and water content at sowing on the development of soil surface crusting under rainfall. *Soil Tillage Res.* 95: 207-217.
- Guzmán Casado, M; M González de Molina & E Sevilla Guzmán. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Mundi Prensa. Madrid. España.
- Infante, A & K San Martín. 2016. Manual de producción agroecológica. Centro de Educación y Tecnología (CET). 4° edición, 192p. Sociedad Gráfica Ltda.
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility. I. Theory and methodology. *Eur. J. Soil Sci.* 47: 425-437.
- Pérez, M & ME Marasas. 2013. Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas*, 22(1), 36-43.
- Rillig, MC; SF Wright & VT Eviner. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant Soil.* 238: 325-333.
- Shepherd, TG; S Saggat; RH Newman; CW Ross & JL Dando. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fraction in New Zealand soils. *Aust. J. Soil Res.* 39: 465-489.
- Six, J; ET Elliot & K Paustian. 2000. Soil macroaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 2099-2103.
- Wilson, MG; CE Quintero; NG Boschetti; RA Benavides & WA Mancuso. 2000. Evaluación de atributos del suelo para su utilización como indicadores de calidad y sostenibilidad en Entre Ríos. *Rev. Fac. Agr. UNER* 20(1): 23-30.





## **VARIABLES DE SUELO BAJO EFECTO DE INCENDIOS EN UN ARGIUJOL DE CORRIENTES**

Dalurzo, H.C.<sup>1</sup>, P.G. Caballero<sup>1</sup>, C. Szymitowski<sup>1</sup>, V.B. Díaz<sup>1</sup>, F.A. Paredes<sup>2,3</sup>, L. Gnoatto<sup>1</sup>, N.I. Stahringer<sup>1</sup>, M. Sánchez Petris<sup>1</sup>, G.A. Dellamea<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias;

<sup>2</sup> Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias;

<sup>3</sup> E.E.A. INTA Corrientes. [hcdalurzo@gmail.com](mailto:hcdalurzo@gmail.com)

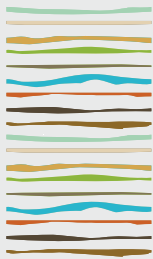
### **RESUMEN**

El objetivo fue evaluar el efecto de los incendios sobre propiedades del suelo. Sobre un Argiudol con un diseño en parcelas (140 m<sup>2</sup>) completamente aleatorizadas en un arreglo factorial, donde los factores fueron: Sistemas de labranzas: convencional, reducida y cero, y secuencias de cultivos con: un cultivo por año (maíz-descanso); dos cultivos por año (maíz-descanso-avena negra), tres cultivos por año (maíz-caupí-avena negra) y parcelas con pastura permanente de pasto cambá, con cuatro repeticiones por tratamiento. Este ensayo perteneciente al PI 17 A 006 fue afectado por incendios de campos vecinos. Se tomaron muestras compuestas de suelo de tres submuestras a dos profundidades: 0-7 y de 7-20 cm en cada una de las 48 parcelas. completando 192 en total.

Se aplicó un análisis de “t” de Student de muestras apareadas para detectar posibles cambios respecto a la campaña previa a la quema que se venía siguiendo a través de varias campañas en un ensayo de larga duración. Se evaluó materia orgánica total (MO), materia orgánica particulada total (MOP), y de sus fracciones (de 2-0,5 mm (MOPa) y de 0,5-0,05 mm (MOPb), estabilidad de agregados en húmedo (EA), humedad equivalente (HE), pH en agua destilada (pHw) y en solución salina de KCl 0,1 M (pH KCl). Se registró una disminución de la MOPa en muestras de 0-7 cm (P<0,07) y sin diferencias estadísticas en MO y el resto de las fracciones de MOP. Igualmente la HE registró una disminución (P<0,0001) y la EA aumentó en ambas profundidades (P<0,0001), esto podría deberse a un aumento de la estabilidad al agua de los agregados del suelo por una fusión de los componentes de la fracción mineral resultando en una cementación de partículas por el aumento de la temperatura, a pesar de la combustión registrada de la POMa por el fuego. Probablemente estos aumentos logrados en los agregados quemados no contribuirían a una buena calidad física del suelo si consideramos el comportamiento de otra propiedad como es la HE por la disminución hallada. Los resultados del pHw y en CIK relacionados al aporte de bases en las cenizas de la biomasa calcinada subieron en ambas profundidades (P<0,0001). En base al comportamiento resultante de los atributos del suelo con el incendio se afectaron parte de los atributos evaluados y la calidad del suelo.

**Palabras clave:** quemas, calidad de suelos, propiedades de suelo.





## COMPARACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA MEDICIÓN DE pH EN SUELOS DE SAN LUIS

De Dios Herrero, J.M.<sup>1,2\*</sup>, J.C. Colazo<sup>3,4</sup>, F. Moreno<sup>5</sup>

<sup>1</sup>EAA Anguil, INTA;

<sup>2</sup>UNLPam;

<sup>3</sup>EAA San Luis, INTA;

<sup>4</sup>UNSL,

<sup>5</sup>Estudiante de Ingeniería Química, UNSL.

\*Ruta Nacional 5, km 580, (6326) Anguil, Prov. de La Pampa, dediosherrero.juan@inta.gob.ar

### RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar el pH en suelos de la provincia de San Luis y verificar si existen ventajas al medir el pH con la utilización de soluciones de  $\text{CaCl}_2$  y KCl. El estudio fue realizado en dieciséis sitios del Este de la provincia de San Luis con dos situaciones contrastantes: Sin Cultivar (SC) y Cultivados (C). Se tomaron muestras de suelo por triplicado en cada sitio de los primeros 20 cm de profundidad. En ellas se determinó el pH por el método potenciométrico en las siguientes relaciones: suelo:agua 1:1, 1:2,5 y 1:10; suelo: $\text{CaCl}_2$  (0,01 mol L<sup>-1</sup>) 1:1, 1:2,5; y suelo:KCl (1 mol L<sup>-1</sup>). El cambio en el uso de la tierra en los suelos de San Luis aumentó los valores de pH independientemente de las diferentes soluciones y relaciones suelo:solución utilizadas. Los valores de  $\text{pH}_{1:2,5}^{\text{KCl}}$  y  $\text{pH}_{1:10}^{\text{w}}$  indicaron que estos suelos son poco susceptibles tanto a la acidificación como a la alcalinización. Se registró una diferencia en promedio de 0,5 unidades en la magnitud del  $\text{pH}_{1:2,5}^{\text{w}}$  y  $\text{pH}_{1:2,5}^{\text{CaCl}_2}$  en C, la diferencia entre estas mediciones disminuye a medida que los suelos presentan mayor contenido de sales disueltas, según estos resultados el pH medido en agua y  $\text{CaCl}_2$  es equiparable cuando  $\text{CE}_{1:2,5}^{\text{w}}$  es mayor a 0,4 ds m<sup>-1</sup> aproximadamente.

**Palabras clave:** dilución, fuerza iónica, cloruro de calcio.

### INTRODUCCIÓN

La determinación de pH del suelo se encuentra entre las mediciones químicas de rutina más comunes que se realizan en el laboratorio. La disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de algunos elementos puede ser estimada conociendo el pH de la solución del suelo (Vázquez *et al.*, 2012).

La relación suelo:solución y la fuerza iónica de la solución del suelo son factores que afectan la medición del pH del suelo (Miller & Kissel, 2010). Hay numerosos métodos para realizar la determinación potenciométrica del pH en el laboratorio. En Argentina la medida más difundida es la que utiliza como solvente agua (Lupi & Mórtoła, 2017), aunque también es recomendado el uso de soluciones de sales solubles, como  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup> y KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, (IRAM-SAGyP 29574, 2020). En tanto que en la bibliografía se suele encontrar este tipo de suspensiones en diferentes proporciones suelo:agua o suelo:solución (1:1, 1:2,5, 1:10). Según Burt *et al.* (2014) el uso de sales es conveniente para minimizar las variaciones estacionales del pH del suelo, están menos afectadas por la concentración de electrolitos y proveen mediciones más uniformes que en agua (Minasny *et al.*, 2011).

La solución de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> es utilizada para determinar el pH en suelos ácidos (Vázquez *et al.*, 2012). Este parámetro es útil para indicar la susceptibilidad del suelo a acidificarse por la liberación de H<sup>+</sup> y Al<sup>3+</sup> a la solución. Sin embargo, su utilización en suelos fuera de la región pampeana es muy limitada. En los suelos de





la provincia de San Luis, no existen estimaciones sobre el efecto de los cambios en el uso de la tierra sobre este parámetro, ni de la utilidad de los diferentes métodos. Es por ello que los objetivos de este trabajo fueron caracterizar el pH en suelos de la provincia de San Luis y verificar si existen ventajas en la utilización de soluciones de  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{KCl}$  como parámetros que entreguen información complementaria al uso de la suspensión en agua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en suelos de la provincia de San Luis. Se tomaron muestras de 16 sitios de dos situaciones contrastantes: a) Sin Cultivar (SC), ecosistema caracterizado por la presencia de un estrato arbóreo dominado por Caldén (*Prosopis caldenia*), Algarrobo (*Prosopis alba*) o Chañar (*Geoffroea decorticans*), en una condición de mínimo disturbio sometido ocasionalmente a ganadería extensiva y nunca labrado, y b) Cultivados (C), suelos cultivados con labranza de siembra directa o convencional (rastra de disco y arado rastra). Se tomaron muestras de suelo por triplicado en cada sitio de los primeros 20 cm de profundidad, luego de ser secadas al aire y tamizadas por tamiz de 2 mm se determinó el pH por método potenciométrico (IRAM-SAGyP 29574, 2020) en las siguientes relaciones: suelo:agua (w) 1:1, 1:2,5 y 1:10; suelo: $\text{CaCl}_2$  (0,01 mol  $\text{L}^{-1}$ ) 1:1, 1:2,5; y suelo: $\text{KCl}$  (1 mol  $\text{L}^{-1}$ ). La conductividad eléctrica (CE) se determinó mediante conductimetría en la relación suelo:agua 1:2,5. Las medias de cada variable se compararon entre manejos mediante la prueba t de Student con un nivel de significación del 5%, empleando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH en todas las relaciones suelo:suspensión de las diferentes soluciones, fue menor en SC que en C (tabla 1), el aumento producido por las actividades agrícolas en C,  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$  coincide con antecedentes registrados en Molisoles (Fernandez *et al.*, 2016; Campitelli *et al.*, 2010) e Inceptisoles (Rojas *et al.* 2016). Esto podría deberse a la pérdida de materia orgánica registrada en estos suelos (de Dios Herrero *et al.*, 2014), según Fernandez *et al.* (2016) los valores menores de pH en los suelos naturales que en los agrícolas estarían relacionados con la acidez generada por la elevada actividad biológica en los primeros.

Considerando el  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$ , el valor de 7,24 en C está cercano a la neutralidad y se encuentra en el rango tolerable para la mayoría de los cultivos. Coincide con la tendencia al aumento del pH registrada en estos suelos (Colazo *et al.*, 2017). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Sainz Rozas *et al.* (2019), quienes observaron una acidificación de los suelos agrícolas, atribuida a una mayor historia de uso que la que se puede encontrar en San Luis.

Tabla 1.  $\text{pH}_{1:1}\text{w}$ ,  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$ ,  $\text{pH}_{1:10}\text{w}$ ,  $\text{pH}_{1:1}\text{CaCl}_2$ ,  $\text{pH}_{1:2,5}\text{CaCl}_2$  y  $\text{pH}_{1:2,5}\text{KCl}$  en suelos cultivados (C) y sin cultivar (SC).

Manejo	$\text{pH}_{1:1}\text{w}$	$\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$	$\text{pH}_{1:10}\text{w}$	$\text{pH}_{1:1}\text{CaCl}_2$	$\text{pH}_{1:2,5}\text{CaCl}_2$	$\text{pH}_{1:2,5}\text{KCl}$
C (n=48)	7,24**	7,38**	7,41**	6,82**	6,89**	6,78*
	(0,69)	(0,70)	(0,82)	(0,74)	(0,69)	(0,80)
SC (n=48)	6,66	6,78	6,89	6,33	6,39	6,31
	(0,85)	(0,84)	(0,80)	(0,91)	(0,91)	(0,99)

Entre paréntesis, la desviación estándar. \*significa diferencias estadísticas entre manejos (5%), \*\*significa diferencias estadísticas entre manejos (1%)

El  $\text{pH}_{1:10}\text{w}$  se conoce como pH hidrolítico, su utilidad es la de verificar la presencia de sales que hidrolizan cuando se registra un  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$  superior a 8 (Vázquez, 2005). Existió una diferencia entre el  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$  y  $\text{pH}_{1:10}\text{w}$  de 0,17 y 0,23 unidades en C y SC, respectivamente. Dado que el  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$  (7,38) es cercano a la neutralidad, la diferencia parece ser el resultado de dilución (Keaton, 1938) más que a la hidrólisis. Dicho proceso, también se observa al comparar el  $\text{pH}_{1:1}\text{w}$  (7,24) y  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$  (7,38). Por otro lado, en los suelos de San Luis el  $\text{pH}_{1:2,5}\text{KCl}$  fue menor que el  $\text{pH}_{1:2,5}\text{w}$ , 0,46 y 0,35 unidades en C y SC respectivamente. Esta diferencia es mucho menor a las encontradas en suelos que presentaban riesgo de sufrir acidificación (Vázquez *et al.*, 2012).





La diferencia entre  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$  y  $\text{pH}_{1:2,5\text{CaCl}_2}$  en la literatura ha sido atribuida al efecto salino (Miller & Kisser, 2010). Según estos autores, se debe a que la adición de  $0,01 \text{ mol L}^{-1} \text{ CaCl}_2$ , se establece en la solución, una condición en términos de fuerza iónica, similar a la esperada en la solución del suelo. El  $\text{pH}_{1:2,5\text{CaCl}_2}$  de los suelos fue 0,5 unidades inferior al medido usando agua, este valor es similar al encontrado por Neves *et al.* (2021). Dicha diferencia de pH entre métodos disminuye a medida que aumenta la CE del suelo (Figura 1a), y se atribuye a la concentración de electrolitos (Minasny *et al.*, 2011). Por otro lado, Miller & Kisser (2010) comprobaron que existe un desplazamiento de  $\text{H}^+$  de la superficie de intercambio catiónico por el  $\text{Ca}^{2+}$  del  $\text{CaCl}_2$ , aumentando la acidez, con lo cual acentúa más las diferencias con el  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$ .

El ajuste entre el  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$  y  $\text{pH}_{1:2,5\text{CaCl}_2}$  es sigmoïdal (Figura 1b), resultado que coincide con el encontrado por Minasny *et al.* (2011), aunque en dicho trabajo utilizaron una relación suelo:suspensión 1:5. Se observó que en los extremos de la curva, es decir, a pHs bajos (<5,5) y altos (>7,5), el  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$  aumentó pero no el  $\text{pH}_{1:2,5\text{CaCl}_2}$ , según Little (1992) la desviación de la linealidad a pHs bajos está explicada por el efecto buffer de  $\text{Al}^{3+}$  y a pHs altos por los carbonatos del suelo, lo que resulta en una menor diferencia de pH entre las dos metodologías.

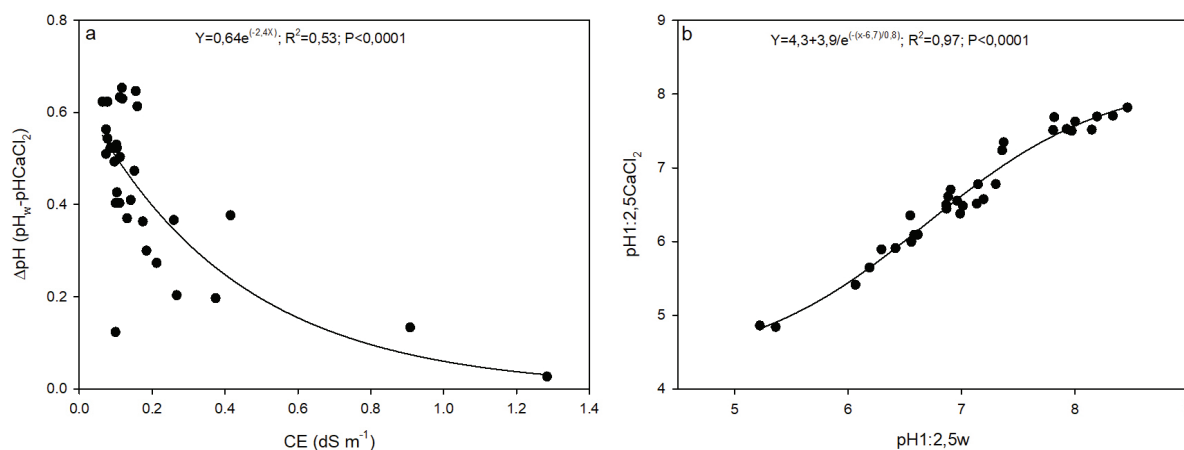


Figura 1. Relación entre: a) la diferencia entre  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$  en agua y  $\text{pH}_{1:2,5\text{CaCl}_2}$  en solución de  $\text{CaCl}_2$  ( $\Delta\text{pH}(\text{pH}_w - \text{pH}_{\text{CaCl}_2})$ ) y la conductividad eléctrica ( $\text{CE}_{1:2,5\text{w}}$ ). b)  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$  y  $\text{pH}_{1:2,5\text{CaCl}_2}$ .

## CONCLUSIONES

El cambio en el uso de la tierra en los suelos de San Luis aumentó los valores de pH independientemente de las diferentes soluciones y relaciones suelo:solución utilizadas. Las mediciones de  $\text{pH}_{1:2,5\text{KCl}}$  y  $\text{pH}_{1:10\text{w}}$  no aportaron información adicional al  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$ , por lo tanto se considera a estos suelos poco susceptibles tanto a la acidificación como a la alcalinización, de todos modos es necesario realizar un monitoreo permanente de estas propiedades. Se registró una diferencia en promedio de 0,5 unidades en la magnitud del  $\text{pH}_{1:2,5\text{w}}$  y  $\text{pH}_{1:2,5\text{CaCl}_2}$  en C, la diferencia entre estas mediciones disminuye a medida que los suelos presentan mayor contenido de sales disueltas, según estos resultados el pH medido en agua y  $\text{CaCl}_2$  es equiparable cuando  $\text{CE}_{1:2,5\text{w}}$  es mayor a  $0,4 \text{ ds m}^{-1}$  aproximadamente. Es necesario estudiar más profundamente el rol  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  en la variación de los métodos de determinación de pH.

## BIBLIOGRAFÍA

Burt, R & Soi Service Staff. Kellog Soil Survey Laboratory Methods Manual. 2014. In: Natural Resources Conservation Services, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska, Online at: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1253871.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1253871.pdf)

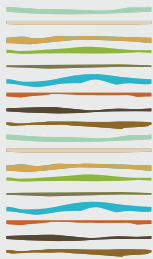
Campitelli, P; A Aoki; O Gudelj; A Rubenaker & R Sereno. 2010. Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Cienc. Suelo (Argentina)* 28 (2): 223-231.

Colazo, JC; J de Dios Herrero; S Sayaedra & S Lorenzo. 2017. Tendencias en los niveles de fósforo extractable, carbono orgánico y pH de



- suelos de San Luis. Simposio de fertilidad, IPNI, Rosario.
- de Dios Herrero, J; JC Colazo & DE Buschiazzo. 2014. Balance de carbono, efecto del manejo en suelos de San Luis. En Actas XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del suelo & II Reunión Nacional de Materia Orgánica y Sustancias Húmicas, Bahía Blanca.
- Di Rienzo, JA; F. Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. *InfoStat v. 2017*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, <http://www.infostat.com.ar/>
- Fernandez, R; A Quiroga; C Álvarez; C Lobartini & E Noellemeyer. 2016. Valores umbrales de algunos indicadores de calidad de suelos en Molisoles de la región semiárida pampeana. *Ci. Suelo* 34(2): 279-292.
- IRAM, 2020. Norma IRAM- SAGPyA 29574:2020. Determinación del pH en suelo para uso agropecuario.
- Keaton, CM. 1938. A theory explaining the relation of soil–water ratios to pH values. *Soil Sci.* 46:259–265.
- Little, IP. 1992. The relationship between soil pH measurements and calcium chloride and water suspensions. *Australian Journal of Soil Research*, 30:587–592.
- Lupi, AM & NA Mórtola. 2017. Los indicadores de calidad de suelo según referentes calificados. Pp 29-34. En M. Wilson (ed). *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina*. Ediciones INTA 273 pp.
- Miller RO & DE Kissel. 2010. Comparison of Soil pH Methods on Soils of North America. 2010. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74:310–316.
- Minasny, B; AB Mc Bratney; DM Brough & D Jacquier. 2011. Models relating soil pH measurements in water and calcium chloride that incorporate electrolyte concentration. *European Journal of Soil Science* 62:728–732.
- Neves, AC; P da Costa; CA de Oliveira e Silva; F Rodrigues Pereira; MP Gomes Mol. 2021. Analytical methods comparison for pH determination of composting process from green wates.
- Rojas, JM; J Prause; GA Sanzano; OEA Arce & MC Sánchez. 2016. Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina. *Soil & Tillage Research* 155:250–262.
- Sainz Rozas, H, M Eyherabide; G Larrea; N Martínez Cuesta; H Angelini; N Reussi Calvo & N Wyngaard. Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. Simposio de fertilidad, IPNI, Rosario.
- Vazquez, M. 2005. Acidez del suelo. En: *Tecnologías en análisis de suelos*. Marbán, L & S Ratto (eds). AACCS. Buenos Aires. pp 71-88.
- Vázquez, M; A Terminiello; A Cascini; G Millán; D Cánova; P Gelati; F Gulino; A Dorrnzoro; Z Nicora; L Lamarche & M Garcia. 2012. Respuesta de la soja (*Glicine Max L. Merr*) a enmiendas básicas en suelos de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. *CI. SUELO* 30(1): 43-55.





## DINÁMICA DE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS EN SUELOS ENMENDADOS CON RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Duval, M.E.<sup>1,2,\*</sup>, J. Moises<sup>1,2</sup>, J.M. Martinez<sup>1,2</sup>, R.J. Garcia<sup>1</sup>, J.A. Galantini<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur,

<sup>2</sup> Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS),

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones científicas (CIC), provincia de Buenos Aires.;

\* San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, [mduval@criba.edu.ar](mailto:mduval@criba.edu.ar)

### RESUMEN

La aplicación de residuos agroindustriales es una estrategia alternativa de manejo para mejorar el estado orgánico en los sistemas agrícolas. El objetivo del trabajo fue evaluar los cambios en las fracciones orgánicas del suelo debido a la aplicación de diferentes dosis y tipos de residuos agroindustriales. El trabajo se realizó en base a muestras de suelo extraídas de tres suelos agrícolas ubicados en el sudoeste bonaerense. De cada situación se incubaron (261 días) muestras de suelo disturbadas (0-20 cm) por cuadruplicado aplicándole a las mismas diferentes dosis equivalentes de nitrógeno (0, 100, 200 y 400 kg N ha<sup>-1</sup>) de tres tipos de residuo (Al: alperujo, CG: cascara de girasol cruda y CGcm: cascara de girasol compostada). Luego de 261 días se tomaron muestras las cuales fueron sometidas a fraccionamiento físico por tamaño de partícula y posteriormente determinar carbono orgánico particulado grueso (COP<sub>g</sub>), fino (COP<sub>f</sub>) y total (COP<sub>g+f</sub>). El COP<sub>g+f</sub> aumentó con dosis crecientes de los residuos, encontrándose diferencias significativas con el testigo principalmente en las dosis mayores (200 y 400 kg N ha<sup>-1</sup>), asociándose significativamente a los aportes de carbono realizado por los residuos (R<sup>2</sup>= 0,86-0,99). El COP<sub>g</sub> fue la fracción que mayores cambios evidenció, con aumentos, comparado al testigo, del 50 al 259% cuando se aplicó la dosis más elevada de los residuos. El COP<sub>f</sub>, solo evidenció cambios significativos, principalmente cuando se aplicó CGcm (C:N= 22). La calidad (residuo) pero principalmente la cantidad (dosis) afectaron los valores de carbono orgánico particulado con mayores cambios en los suelos de textura más arenosa.

**Palabras clave:** alperujo, cascara de girasol, fracciones orgánicas lábiles.

### INTRODUCCIÓN

El carbono orgánico del suelo (COS) es un factor clave para evaluar la calidad del suelo y la productividad de las plantas debido a su papel crucial en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Yang *et al.*, 2012). Los cambios en el uso y manejo del suelo provocan importantes alteraciones en los aportes y en la dinámica del COS, que posteriormente influyen sobre la calidad de los suelos (Li *et al.*, 2009). Para lograr la sustentabilidad de los sistemas productivos, es necesario mejorar el balance de carbono a través de un mayor aporte de residuos. La aplicación de residuos agroindustriales en suelo es una estrategia de reposición de nutrientes (Duval *et al.*, 2021) y aporte de materia orgánica (Ghosh *et al.*, 2010a). En el sudoeste bonaerense se genera gran cantidad de residuos agroindustriales, entre ellos, la cáscara de girasol (CG) de la industria aceitera y alperujo (Al), de la producción de aceite de oliva. Estos residuos, a través de procesos de biotransformación, pueden ser utilizados como enmiendas para mejorar la productividad y calidad de los suelos y de esta manera, cerrar el ciclo biogeoquímico dentro de los sistemas productivos regionales (Moises *et al.*, 2018).

El COS se encuentra en el suelo en un continuo estado de transformación, sin existir límites definidos. Los



cambios debido a las prácticas de manejo y al uso del suelo sobre el COS se producen lentamente y, por lo tanto, estos cambios son difíciles de cuantificar en un corto período de tiempo (Gregorich *et al.*, 1994). Sin embargo, la identificación de fracciones orgánicas lábiles sirve como indicador, o incluso como herramienta de verificación, para evaluar los cambios en el COS (Si *et al.*, 2018). El fraccionamiento por tamaño de partícula permite distinguir, al menos, dos fracciones muy diferentes: el carbono orgánico particulado (COP) y el carbono orgánico asociado a la fracción mineral o humus. Para mejorar el seguimiento de estos cambios, Galantini & Rosell (1997) propusieron un fraccionamiento por tamizado más intensivo del COP. Este fraccionamiento consiste en la separación del COP en grueso (COPg) (105 y 2000  $\mu\text{m}$ ) y fino (COPf) (53 y 105  $\mu\text{m}$ ). El objetivo del trabajo fue evaluar los cambios en las fracciones orgánicas del suelo debido a la aplicación de diferentes dosis y tipos de residuos agroindustriales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Detalles de incubación

El trabajo se realizó en base a muestras de suelo extraídas de tres suelos agrícolas ubicados en el sudoeste bonaerense. De cada situación se incubaron muestras de suelo disturbadas por cuadruplicado aplicándole a las mismas diferentes dosis equivalentes de nitrógeno (0, 100, 200 y 400  $\text{kg N ha}^{-1}$ ) de tres tipos de residuo (Al: alperujo, CG: cascara de girasol cruda y CGcm: cascara de girasol compostada). Para su caracterización química (Tabla 1) y su aplicación, todos los residuos fueron secados a estufa a 60°C por 48 horas y molidos con malla de 1 mm previa aplicación.

Se utilizaron tres suelos contrastantes de lotes agrícolas representativos de la región: Suelo 1, carbono orgánico total (COT): 13,0  $\text{g kg}^{-1}$ , arena 509  $\text{g kg}^{-1}$ , limo 320  $\text{g kg}^{-1}$  y arcilla 171  $\text{g kg}^{-1}$ ; Suelo 2, COT: 15,5  $\text{g kg}^{-1}$ , arena 351  $\text{g kg}^{-1}$ , limo 448  $\text{g kg}^{-1}$  y arcilla 201  $\text{g kg}^{-1}$ ; y Suelo 3, COT: 7,7  $\text{g kg}^{-1}$ , arena 827  $\text{g kg}^{-1}$ , limo 107  $\text{g kg}^{-1}$  y arcilla 66  $\text{g kg}^{-1}$ . Los suelos se colectaron de la capa superficial (0-20 cm), los cuales fueron tamizados con una malla de 2 mm para una mayor homogeneidad.

Se realizó una incubación aeróbica de largo plazo (261 días), siguiendo el protocolo de Honeycutt *et al.* (2005) y Griffin *et al.* (2008). El procedimiento consistió en pesar 400 g de suelo seco, los cuales se colocaron en frascos de vidrio (1000  $\text{cm}^3$ ) para luego agregar las diferentes dosis de residuos. Se ajustó la humedad gravimétrica de cada muestra (suelo + residuo) hasta capacidad de campo (60% de la porosidad total) y se incubó durante cinco ciclos de humedecimiento y secado a una temperatura de 25 °C. Diariamente las muestras eran pesadas hasta el momento en que la humedad actual llegaba al 30% de la porosidad total, estimada por diferencia de masa, para luego rehidratar la muestra (1 ciclo de humedecimiento y secado).

Tabla 1. Caracterización química de los residuos.

Residuo	COT	N total	C:N
	g $\text{kg}^{-1}$		
CG	617	7,84	78,7
CGCm	522	23,92	21,8
Al	756	11,57	65,3

CG: Cáscara de girasol sin modificar; CGCm: cáscara de girasol compostada junto a estiércol ovino; Al: alperujo estabilizado a campo COT: carbono orgánico total; Nt: nitrógeno total.

### Fracciones orgánicas del suelo

De cada muestra, a los 261 días (5 ciclos de humedecimiento y secado) se tomaron 50 g de suelo para determinar diferentes fracciones orgánicas lábiles del suelo a través de un fraccionamiento físico por tamaño de partícula (Duval *et al.*, 2013). El tamizado se realizó mediante dos tamices de 53 mm y 105 mm obteniéndose tres fracciones: fracción gruesa (FG, 105-2000 mm) en la que se encuentra materia orgánica particulada gruesa y las arenas medias y gruesas; fracción media (FM, 53-105 mm) constituida por materia orgánica particulada más transformada y las arenas muy finas, y la fracción fina (FF, < 53 mm) la cual contiene la materia orgánica asociada a la fracción mineral más limo y arcilla. En las fracciones FG y FM se determinó carbono por combustión seca denominándose carbono orgánico particulado grueso (COPg) y particulado fino (COPf), respectivamente.



## Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente, por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon por el test de diferencias mínimas significativas de Fisher ( $P < 0,05$ ). Se utilizaron regresiones para evaluar el efecto de la calidad y cantidad de los diferentes residuos sobre las fracciones orgánicas analizadas. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, las diferentes fracciones lábiles determinadas en este trabajo evidenciaron efectos significativos tanto de la calidad (residuo) como de la cantidad (dosis) de residuo aplicado en los diferentes suelos (Tabla 2). A excepción del suelo 3, el COPg y COPf presentaron un efecto diferencial del residuo en función de la dosis (interacción significativa). En el caso del COPg+f, la interacción residuo  $\times$  dosis fue no significativa para todos los suelos. Se observa un efecto significativo de la dosis, donde el COPg+f aumentó con dosis crecientes de los residuos, encontrándose diferencias significativas con el testigo principalmente en las dosis mayores (200 y 400 kg N ha<sup>-1</sup>) (Figura 1).

Tabla 2. Análisis de la varianza de las fracciones orgánicas lábiles e interacciones entre los factores al final de la incubación (261 días).

Suelo	Factor	COPg	COPf	COPg+f
Suelo 1	Residuo (R)	***	**	**
	Dosis (D)	***	***	***
	RxD	**	*	ns
Suelo 2	Residuo (R)	ns	***	ns
	Dosis (D)	***	ns	***
	RxD	ns	*	ns
Suelo 3	Residuo (R)	ns	ns	ns
	Dosis (D)	***	***	***
	RxD	ns	ns	ns

COPg: Carbono orgánico particulado grueso (105-2000  $\mu\text{m}$ ); COPf: Carbono orgánico particulado fino (53-105  $\mu\text{m}$ ); COPg+f: Carbono orgánico particulado (53-2000 mm). \*\*\*, \*\*, \* y ns indican efectos significativos al 0,001; 0,01; 0,05 y no significativo, respectivamente.

El carbono orgánico particulado, tal como se mide aquí, corresponde a residuos orgánicos de reciente incorporación o semitransformados que no se encuentran asociados a la fracción mineral del suelo (Quiroga *et al.*, 1996). Los aumentos observados en esta fracción con la dosis se asociaron con una entrada considerable de C (Tabla 1), encontrándose una correlación positiva altamente significativa ( $R^2 = 0,86-0,99$ ) entre el COPg+f y el aporte de C. El tipo de residuos no presentó efectos significativos en el COPg+f en los Suelos 2 y 3, mientras que en el Suelo 1, CG fue el residuo que evidenció mayores concentraciones de COPg+f, diferenciándose significativamente de AI (Figura 1).

Para los tres residuos utilizados, la dosis mayor (400 kg N ha<sup>-1</sup>) presentó diferencias significativas en el COPg comparado con el testigo, observándose aumentos del 50 al 259% (Figura 2), sin embargo, estas diferencias fueron más marcadas para CG. Las dosis de 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> si bien presentaron mayores concentraciones de COPg, las mismas no presentaron diferencias significativas con el testigo (0 kg N ha<sup>-1</sup>) a excepción de CG en Suelo 1 y AI en Suelo 3, donde ambas dosis también presentaron valores de COPg significativamente mayores. El COP es un indicador del componente lábil o más reactivo de la materia orgánica, donde aumentos de dicha fracción mejora la calidad general del suelo (Herrick & Wander 1997; Duval *et al.*, 2020). Otros autores también han informado aumentos estas fracciones lábiles debido al uso de enmiendas orgánicas (Paustian *et al.*, 1997). Ghosh *et al.* (2010b) atribuye el aumento inconsistente de las fracciones de carbono



orgánico lábil a las bajas dosis de aplicación de las enmiendas orgánicas. En este estudio las dosis de 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> tampoco reflejaron el efecto esperado sobre el COPg.

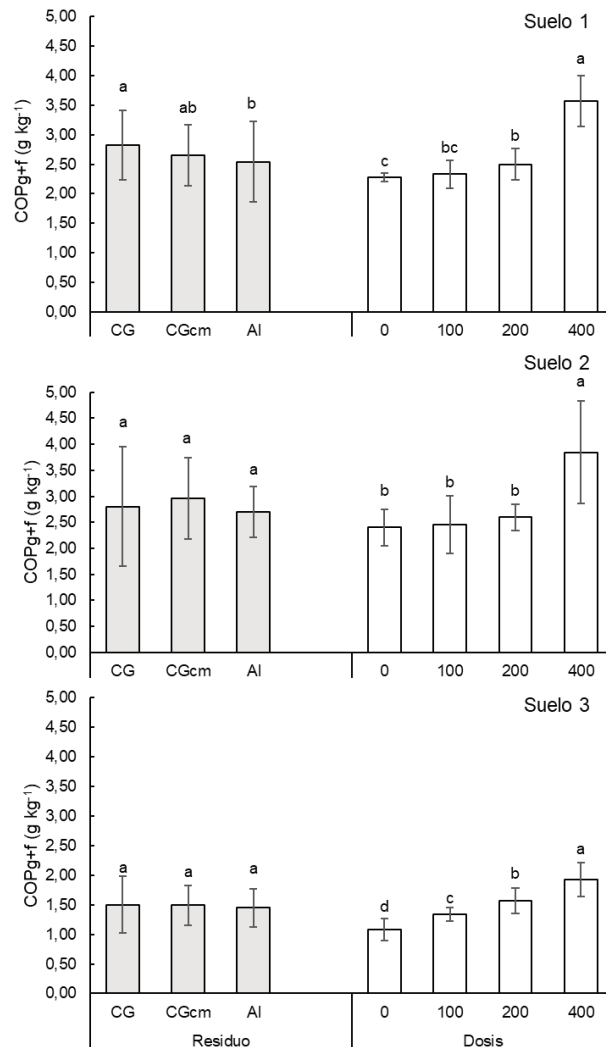


Figura 1. Cambios del carbono orgánico particulado (grueso+fino) por el uso de residuos agroindustriales en suelos del SOB. Para cada suelo, letras diferentes indican diferencias significativas entre residuos ( $p < 0,05$ ) o dosis ( $p < 0,05$ ). Barras indican el desvío estándar.

El COPf, es una fracción más sensible que el carbono orgánico humificado o asociado a la fracción mineral y menos variable a los cambios de manejo que el COPg (Duval, 2015). Sin embargo, dicha fracción únicamente mostro cambios significativos en CGcm, donde la dosis mas elevada presentó concentraciones de COPf significativamente superiores al testigo (Figura 2). Al igual que el COPg, las dosis mas bajas no mejoraron los niveles de COPf, mientras que en algunas situaciones se observó una disminución de dicha fracción comparado con los valores iniciales.

## CONCLUSIONES

La aplicación de residuos agroindustriales en elevadas dosis cambió las fracciones orgánicas lábiles de los suelos del SOB. La calidad (residuo) pero principalmente la cantidad (dosis) afectaron los valores de carbono orgánico particulado con mayores cambios en los suelos de textura más arenosa. Las fracciones lábiles del carbono orgánico particulado, especialmente la fracción gruesa, mostró sensibilidad para detectar diferencias bajo diferentes dosis y tipos de residuos, mientras que el COPf únicamente fue sensible para evidenciar cambios debido a aquellos residuos de menor C:N (CGcm).



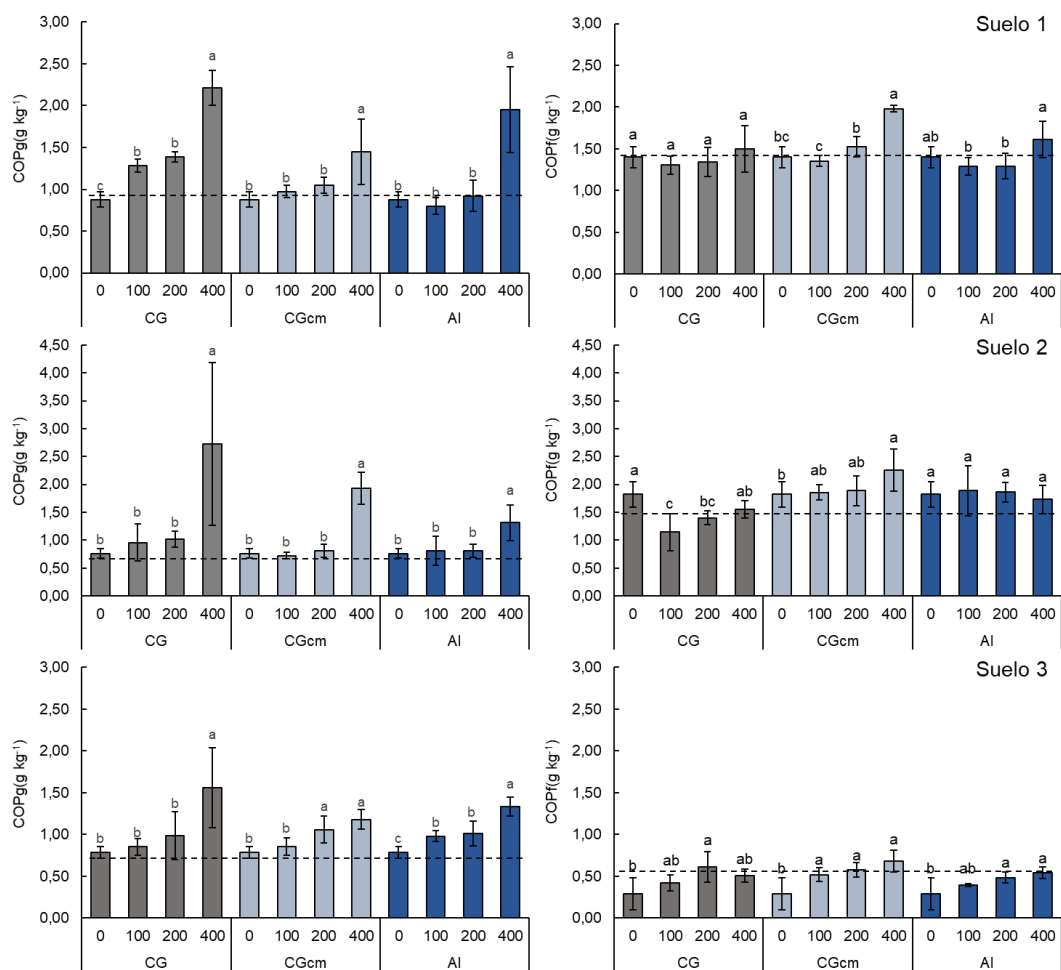


Figura 2. Cambios del carbono orgánico particulado grueso (COPg) y fino (COPf) por el uso de residuos agroindustriales en suelos del SOB. Línea punteada indica los valores al inicio de la incubación. Para cada residuo, letras diferentes indican diferencias significativas entre dosis ( $p < 0,05$ ). Barras indican el desvío estándar.

## 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

- Di Rienzo, JA, F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Duval, ME, JA Galantini, JO Iglesias, S Canelo, JM Martínez & L Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131, 11-19.
- Duval, ME. 2015. Contenido, calidad y dinámica de las fracciones orgánicas como indicadores de calidad de suelos bajo diferentes manejos en siembra directa. Tesis Doctorado, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 165 pp.
- Duval, ME; JM Martínez & JA Galantini. 2020. Assessing soil quality indices based on soil organic carbon fractions in different long-term wheat systems under semiarid conditions. *Soil Use Manag.* 36(1), 71-82.
- Duval, ME; J Moisés; RJ García; JM Martínez & JA Galantini. 2021. Cambios en las formas de fósforo en suelos enmendados con residuos agroindustriales. XI Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo. 1 a 3 de diciembre Bahía Blanca- Argentina.
- Galantini, JA & RA Rosell. 1997. Organic fractions, N, P and S changes in a semiarid Haplustoll of Argentina under different crop se-

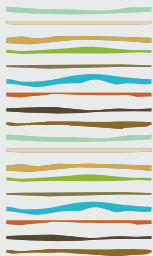




- quences. *Soil Till. Res.* 42:221-228.
- Ghosh, S; BR Wilson; B Mandal; SK Ghoshal & Growns, I. 2010a. Changes in soil organic carbon pool in three long-term fertility experiments with different cropping systems and inorganic and organic soil amendments in the eastern cereal belt of India. *Soil Res.* 48(5), 413-420.
- Ghosh, S; P Lockwood; H Daniel; K King; N Hulugalle & P Kristiansen. 2010b. Short-term effects of organic amendments on properties of a Vertisol. *Waste Manag. Res.* 28(12), 1087-1095.
- Gregorich, EG; MR Carter & DA Angers. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 74, 367-385.
- Griffin, TS; CW Honeycutt; SL Albrecht; KR Sistani; HA Torbert; BJ Wienhold; BL Woodbury; RK Hubbard & JM Powell. 2008. Nationally-coordinated evaluation of soil nitrogen mineralization rate using a standardized aerobic incubation protocol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 39: 257-268.
- Herrick, JE & MM Wander. 1997 Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: The importance of distribution, composition, and soil biological activity. In: Lal, R; JM Kimbley; RF Follett & BA Stewart. (eds). *Advances in Soil Science: Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 405–425.
- 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. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 2807-2822.
- Li, X; Y Li; F Li; M Ma; P Zhang & P Yin. 2009. Changes in soil organic carbon, nutrients and aggregation after conversion of native desert soil into irrigated arable land. *Soil Till. Res.* 104:263-269.
- Moisés, J; M Gómez & J Galantini. 2018. Residuos agroindustriales biotransformados: un residuo hecho fertilizante, un problema convertido en solución. En *Siembra directa en el SO Bonaerense*. Galantini, J (Ed.). 151-156.
- Paustian, K; HP Collins & EA Paul. 1997. Management controls on soil carbon. In: Paul, EA; ET Elliot; K Paustian & CV Cole (eds). *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. Long-Term Experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.15–49.
- Quiroga, AR; DE Buschiazzo & N Peinemann. 1996. Soil organic matter particle size fractions in soils of the semiarid Argentinian Pampas. *Soil Sci.* 161(2), 104-108.
- Si, P; E Liu; W He; Z Sun; W Dong; C Yan & Y Zhang. 2018. Effect of no-tillage with straw mulch and conventional tillage on soil organic carbon pools in Northern China. *Arch. Agron. Soil Sci.* 64(3), 398-408.
- Yang, XY; WD Ren; BH Sun & SL Zhang. 2012. Effects of contrasting soil management regimes on total and labile soil organic carbon fractions in a loess soil in China. *Geoderma* 177-178, 49-56.







## **CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN LA ZONA SUR ORIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO CHAMBO COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Echeverría M.M.<sup>1</sup>, N.S Erazo<sup>1</sup>, J.R. Bautista<sup>1</sup>, S.M. Lema<sup>1</sup>, C.G. Frey<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y el Cambio Climático GIDAC;

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH- Ecuador;

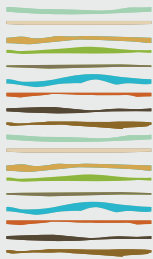
\* Panamericana Sur, Km 1 ½, (EC060155) angel.ordonez@esPOCH.edu.ec

### **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación realizada en la zona sur oriental de la subcuenca del río Chambo, es cuantificar la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitida por estos suelos como resultado de la respiración edáfica (RE), en función de la altitud, la intervención y la litología. Se tomaron muestras de 72 parcelas provenientes de seis rangos altitudinales (cada 200m desde los 3000 msnm) y en 2 condiciones: no intervención e intervención con pinos y pastos; la cuantificación de la RE se realiza mediante el método indirecto de Anderson. Los resultados obtenidos muestran que existe diferencias significativas, en la intervención de los suelos con pinos la RE es menor que en los suelos no intervenidos, este tipo de cultivo influye en el contenido de la materia orgánica, modificando el sistema edáfico; no así, la RE en la intervención con pastizales es mayor a los no intervenidos, las actividades agropecuarias aceleran la descomposición de la materia orgánica, aportando al efecto invernadero. La RE en las litologías félsicas es mayor que en las máficas cuya composición química de las mismas pueden explicar esta diferencia. Entre los 3400msnm a 4000msnm las tasas de RE es mayor, se encuentra intervención humana, y conforme avanza la altitud esta disminuye y la intervención no existe, A mayor altitud, la temperatura ambiental es baja, la cantidad de oxígeno disminuye, por lo tanto, la degradación de la materia orgánica es más lenta. La altitud, la intervención y la litología indican diferencias significativas, estas afectan notablemente las fracciones de materia orgánica del suelo y el detrimento de la actividad biológica, por consiguiente, las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

**Palabras clave:** suelo de páramo alto andino, medida de mitigación, respiración edáfica.





## EVALUACIÓN METODOLÓGICA DEL ÍNDICE DE SORCIÓN DE FÓSFORO EN SUELOS (REGIÓN PAMPEANA)

Eyherabide, M.<sup>1,2\*</sup>, H.R. Sainz Rozas<sup>1,2,3</sup>, N. Reussi Calvo<sup>2,3</sup>, P.A. Barbieri<sup>1,3</sup>, W. Carciochi<sup>1,3</sup>, G. Larrea<sup>1</sup>, C. Crespo<sup>2,3</sup>, A. Pizzuto<sup>2</sup>, N. Wyngaard<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> INTA Balcarce;

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias - UNMdP;

<sup>3</sup> CONICET.

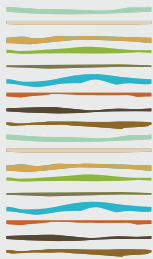
\* Ruta Provincial 226, km 73,5, (7620) Balcarce, Prov. de Buenos Aires, eyherabide.mercedes@inta.gob.ar

### RESUMEN

El índice de sorción de fósforo (P) (ISP) permite estimar el grado de interacción entre la fracción sólida de un suelo y dicho nutriente, que resulta en la disminución de su concentración en solución. Sin embargo, la concentración de la solución de P que se debe adicionar a las muestras de suelo para la determinación del ISP ( $75 \text{ mg L}^{-1}$ ) fue establecida en un set limitado de muestras y no ha sido ajustada para suelos de la región pampeana. Dicho ajuste es relevante dado que un bajo agregado de P puede limitar la capacidad predictiva del ISP sobre capacidad de sorción máxima ( $q_{\text{max}}$ ), mientras que un agregado excesivo de P puede aumentar el error experimental en muestras con baja capacidad de sorción de P. El objetivo de este trabajo fue relacionar  $q_{\text{max}}$  con el ISP determinado al agregar diferente cantidad de P por unidad de suelo, en suelos de la región pampeana. Para ello, se tomaron 16 muestras de suelo con niveles contrastantes de textura y P extractable ( $P_{\text{Bray}}$ ). En dichas muestras se cuantificó el contenido materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, textura y  $P_{\text{Bray}}$ . Se calculó  $q_{\text{max}}$  ajustando el modelo lineal de Langmuir. A partir de la pendiente del modelo se calculó  $q_{\text{max}}$  y la constante de retención (K) a partir de la ordenada al origen. Además, se determinó el  $\text{ISP}_x$  donde "X" representa el valor de concentración de la solución de P con que se agitó la muestra de suelo por 18 h para determinar el ISP (0, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75 y  $90 \text{ mg L}^{-1}$ ). Los valores de  $q_{\text{max}}$  determinados variaron desde 130 a  $312 \text{ mg kg}^{-1}$ , correspondiéndose los valores más bajos a suelos arenosos con alto  $P_{\text{Bray}}$  y los más elevados a suelos arcillosos con bajo  $P_{\text{Bray}}$ . De las variables de suelos analizadas, se obtuvo una fuerte asociación entre  $q_{\text{max}}$  y la CIC ( $R^2= 0,73$ ) y una relación media con el contenido de arcilla y de MO de ( $R^2= 0,32$  y  $0,35$ , respectivamente). Los valores del coeficiente de ajuste entre los modelos lineales para relacionar  $\text{ISP}_x$  y  $q_{\text{max}}$  tendieron a aumentar junto con la concentración de la solución de P agregada:  $\text{ISP}_0$  ( $R^2= 0$ ),  $\text{ISP}_5$  ( $R^2= 0$ ),  $\text{ISP}_{10}$  ( $R^2= 0,13$ ),  $\text{ISP}_{15}$  ( $R^2= 0,32$ ),  $\text{ISP}_{30}$  ( $R^2= 0,69$ ),  $\text{ISP}_{45}$  ( $R^2= 0,86$ ),  $\text{ISP}_{60}$  ( $R^2= 0,90$ ),  $\text{ISP}_{75}$  ( $R^2= 0,90$ ) y  $\text{ISP}_{90}$  ( $R^2= 0,93$ ). En función de los resultados obtenidos se puede concluir que, para suelos de la región pampeana, la capacidad predictiva del ISP sobre  $q_{\text{max}}$  es similar al agregar durante su determinación soluciones con una concentración igual o mayor a  $60 \text{ mg P L}^{-1}$  (equivalente a  $1,2 \text{ g P kg}^{-1}$  suelo).

**Palabras clave:** capacidad de sorción máxima, isoterma, Langmuir





## MORFOLOGÍA DE AGREGADOS EN SISTEMAS CONVENCIONALES Y AGROECOLÓGICOS EN EL SUR DE SANTA FE, ARGENTINA

Fernandez, P.L.<sup>1,2,\*</sup>; F. Behrends Kraemer<sup>1,2</sup>; M.E. Biggeri<sup>1</sup>; M.L. Sabatté<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup>CONICET.

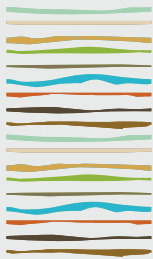
\* [fpl@agro.uba.ar](mailto:fpl@agro.uba.ar)

### RESUMEN

La Región Pampeana de Argentina se caracteriza por la producción de *commodities* siguiendo el *modelo agrícola convencional* (CONV) caracterizado por la maximización de la producción y ganancias económicas, basado en labranzas en sus inicios, en siembra directa en las últimas décadas; aplicación de agroquímicos; organismos genéticamente modificados y la simplificación de los sistemas. Esto ha generado consecuencias desfavorables: degradación física de los suelos, erosión hídrica y eólica, lixiviación de agroquímicos, pérdida de biodiversidad, con su consecuente pérdida de servicios ecosistémicos y mayor dependencia de insumos externos. En este contexto, son crecientes los casos de productoras/es que deciden producir de forma *agroecológica* (AE), debido a la falta de capital para adaptarse al modelo actual y por la convicción de que la diversidad productiva puede promover la permanencia en el campo. En este marco la salud del suelo es un aspecto relevante, que puede ser sintetizado mediante las características estructurales como hábitat de micro- y meso-organismos. El estudio de la morfología de los agregados como indicador de la estructura y del estado físico de los suelos y de su funcionalidad ha sido menos explorado. La misma ha sido utilizada para determinar procesos de degradación de sistemas obteniendo muy buenos resultados, es por eso que el objetivo será el análisis de agregados (tamaño=1-4 cm, n=20 para cada unidad muestral, n total=1733) de tres parámetros tridimensionales: caras, aristas y vértices, los cuales fueron complementados con una descripción general de: rugosidad, abundancia de raíces, y clase, clasificándose con 1 (valores mayores) a 4 (valores menores) para sistemas productivos CONV, AE, y sitios de referencias denominados cuasi-prístino (QP). Los tres tratamientos se evaluaron 3 sitios en San Genaro y Casilda, Santa Fe, y las determinaciones se realizaron mediante la observación de 3 evaluadores(as) diferentes (observador/a). Se halló que para la variable cara, si bien hubo interacción sitio\*observador(a), es destacable que el/la observador(a) fue significativo ( $p < 0,05$ ), al igual que el tratamiento:  $AE(3,62) = QP(3,50) > CONV(3,13)$ . Las aristas presentaron triple interacción, aunque en un análisis estadístico omnibus dieron significativos los tres factores: observador(a), sitio ( $3-4,78 > 1-4,58 = 2-4,56$ ) y tratamiento ( $AE-4,88 = QP-4,75 > CONV-4,28$ ). En el caso de los sitios cabe señalar que el 3 incluye sistemas AE de 13 años, el 1 de 9 años y el 2 de 5 años. Para la variable vértices dieron significativos los(as) observadores(as), los sitios ( $3-7,80 = 2-7,74 > 1-7,14$ ) y, los tratamientos ( $QP-8,44 > AE-7,91 > CONV-6,32$ ). No obstante estos resultados, se registró una triple interacción, del mismo modo que se halló para aristas (tratamientos\*sitios\*observador/a). La rugosidad y la abundancia de raíces mostraron, únicamente, efecto del tratamiento, siendo las dos primeras:  $QP < AE < CONV$ . La clase de agregados presentó interacción tratamiento\*sitio, observando que el CONV tuvo el valor más grande (3,78), uno intermedio (2,33) y el más pequeño (1,25). En el caso de la clase puede indicarse que tamaños grades de CONV se encuentran asociados con la formación de terrones y los más pequeños a falta de agregación. Los resultados de morfología de agregados permitieron diferenciar entre los distintos manejos, encontrando en las diferencias asociaciones del contexto y referencias halladas en la bibliografía.

**Palabras clave:** estructura del suelo, rugosidad, raíces.





## REFLECTANCIA DIFUSA EN EL RANGO VISIBLE PARA LA ESTIMACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

Fernandez, P.L.<sup>1,2,\*</sup>; F. Behrends Kraemer<sup>1,2</sup>; M. Castiglioni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup>CONICET.

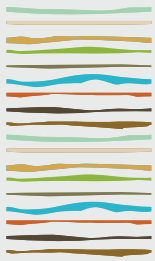
\*Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

[fpl@agro.uba.ar](mailto:fpl@agro.uba.ar)

### RESUMEN

El carbono orgánico del suelo (COS) es el atributo del suelo más utilizado como indicador de su salud, ya que afecta propiedades físicas, químicas y biológicas. Tradicionalmente, la determinación del COS se realiza mediante combustión húmeda. Sin embargo, el presente trabajo explora la estimación del COS a partir de una metodología rápida, económica, no destructiva y precisa como la espectroscopia de reflectancia difusa en el rango del visible (VIS) (350 - 750 nm). A partir del espectro único que se obtiene se pueden determinar muchas propiedades, lo cual ha sido demostrado en varios estudios. Se realizó combustión húmeda y reflectancia difusa a 524 muestras de suelos de Santiago del Estero (SE) (Las Lomitas-LL, n=79; Añatuya-A, n=36) y norte de Buenos Aires (BA, n=409). Los resultados de COS por combustión húmeda indicaron que LL presentó un rango de 0,75-6,13 % de COS, A 1,70-2,41 % y BA 1,04-9,27 %. Para el análisis quimiométrico de las muestras se dispuso de los valores de reflectancia difusa según su longitud de onda en el programa PARLES. Para realizar el análisis del comportamiento de los modelos predictivos (observado vs. predicho), se evaluaron dos factores de manipulación de datos: transformación de datos y diferenciación de datos. El análisis de los datos de SE se realizaron en conjunto (LL+A), obteniendo una ecuación  $y=0,111+x*0,868$  ( $R^2=0,828$ ). En el caso de BA la ecuación fue  $y=1,44+x*0,466$  ( $R^2=0,412$ ). Cuando se analizaron las dos regiones en conjunto el  $R^2=0,35$ , y la ecuación fue  $y=1,56+x*0,404$ . Se pudo observar que, si bien el análisis en conjunto de las regiones dio buenos resultados, los mejores ajustes se lograron tomando cada cada región por separado. Esto puede explicarse por los tipos de materiales minerales que componen los suelos de cada región, los cuales le imprimen ciertas características (color, microagregación) que determinan la reflectancia obtenida. Se concluye que los resultados obtenidos son promisorios para la estimación del COS, a partir de una metodología sencilla como la reflectancia difusa y mediante el desarrollo de ecuaciones obtenidas en cada región. Es necesario seguir explorando con mayor número de datos el análisis en conjunto.

**Palabras clave:** estimación de carbono, análisis metodológicos, PARLES.



## **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EDÁFICA EN DIFERENTES TRAYECTORIAS POST DESMONTE EN LA REGIÓN DEL CHACO**

Fritz, F.G.<sup>1,2</sup>, G. Berhongaray <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía de la UBA;

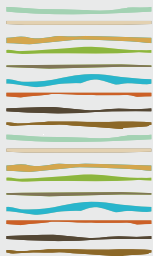
<sup>2</sup> Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola; <sup>3</sup> ICiAgro Litoral (UNL-CONICET).  
Av. San Martín 4453, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, [ffritz@agro.uba.ar](mailto:ffritz@agro.uba.ar)

### **RESUMEN**

Durante las últimas décadas, la región del Chaco argentino se ha convertido en uno de los puntos críticos mundiales de deforestación debido al avance de la frontera agropecuaria, lo cual produjo alteraciones en el ambiente y la calidad del suelo. Dentro de la extensa ecorregión del Chaco Argentino, la provincia de Santiago del Estero, ha sido la más transformada. El cambio en el uso de la tierra, el manejo y la incorporación de tecnologías afectan la estructura y la funcionalidad de los ecosistemas y del suelo en particular. El reemplazo de los bosques por sistemas agrícolas/ganaderos conlleva a una reducción en la materia orgánica del suelo, generando alteraciones en las propiedades edáficas y en el ciclo de nutrientes. El objetivo de este trabajo fue determinar el impacto de la historia de uso agrícola/ganadero sobre la calidad de los suelos en establecimientos agropecuarios ubicados al este y oeste de Santiago del Estero. Se tomaron muestras hasta el metro de profundidad en lotes con menos de 15 y más de 16 años de agricultura/ganadería, y se contrastaron con suelos de monte nativo (MN) adyacentes. En cada uno de los lotes se evaluó la calidad física a partir del análisis de la Estabilidad de los Agregados (EA) a través de la metodología de Le Bissonnais, la Textura y la Densidad Aparente (Dap), y otras variables fisicoquímicas como, el Carbono Orgánico Total (COT), el pH y la Conductividad Eléctrica (CE), y las fracciones disponibles de fósforo y azufre. Conforme a una mayor historia de uso (años), se encontró una tendencia negativa de la evolución de todas las variables estudiadas. Así es como, los suelos con mayor historial agrícola presentaron una alta inestabilidad y compactación, una menor proporción de COT en comparación al MN. El stock de carbono (hasta los 30 cm) disminuyó en la mayor parte de los estratos evaluados. En establecimientos del este de Santiago del Estero, hay diferencias significativas en el contenido de COT entre lotes agrícolas de menos de 15 y más de 16 años hasta los 20 cm. De 0 a 10 cm el COT disminuye entre un 29 - 38% dependiendo de la textura del suelo, mientras que de 10 a 20 cm la disminución fue entre 28 - 31% luego de más de 16 años de agricultura. De 20 a 100 cm no se encontraron diferencias significativas entre lotes agrícolas. En el oeste, los lotes redujeron su stock de carbono hasta los 30 cm en cerca de un 25 % y 9% bajo uso agrícola y ganadera respectivamente. Los resultados obtenidos sugieren que en los sistemas productivos predominantes para esta región, no son suficientes para mantener los niveles de carbono en suelo en relación a la situación de monte prístino. Sin embargo, en el este de la provincia se planteó que los establecimientos ganaderos generan un mayor aporte de carbono en los horizontes superficiales que los establecimientos agrícolas, debido principalmente a que el uso de pasturas tropicales constituye un elevado aporte de carbono al suelo. Es por ello importante evaluar y adaptar prácticas de manejo cómo utilización de cultivos de servicio, o una mayor intensificación de cultivos acompañada de una mayor rotación con gramíneas, la integración de la actividad agrícola/ganadera que incrementen el aporte de carbono al sistema, mejoren la calidad y aseguren la sostenibilidad del recurso suelo.

**Palabras clave:** Calidad, usos, carbono.





## **FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM RESÍDUO INDUSTRIAL ORGÂNICO-SALINO: SÓDIO E DISPERSÃO DAS PARTÍCULAS**

Frosi, G.<sup>1,\*</sup>, A.V. Inda<sup>1</sup>, J.R. Fink<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

<sup>2</sup>Departamento de Solos do Instituto Federal do Paraná - Campus Palmas.

\*Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre-RS, gustavofrosi@hotmail.com

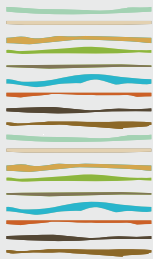
### **RESUMO**

A heparina é o medicamento de ação anticoagulante mais utilizado na atualidade. A extração da heparina ocorre ao processar mucosa intestinal de suínos, processo esse que gera uma grande quantidade de resíduo orgânico-salino (RIS). Embora tenha potencial fertilizante, o RIS possui alto teor de sódio ( $\text{Na}=1400 \text{ mg L}^{-1}$ ) e, quando disposto em solos pode levar a problemas na física do solo através da dispersão das partículas. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de doses do RIS na concentração de Na, na percentagem de Na trocável (PST) e na dispersão da fração argila em um Latossolo. O experimento consistiu na aplicação anual de cinco doses do RIS (0, 10, 20, 40 e  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) como única fonte de nutrientes para as culturas. Amostras de solo foram coletadas em agosto de 2020, três anos após a primeira aplicação e oito meses desde a última aplicação, em seis camadas de solo (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 cm). As análises foram realizadas na fração terra fina seca ao ar ( $\varnothing < 2\text{mm}$ ). O teor de Na disponível foi determinado por espectrofotometria de chama. Com o teor de Na e a CTC foi calculada a PST. Para avaliar a dispersão das partículas foi determinada a relação da argila fina / argila total por centrifugação. Todos os parâmetros mostraram interação entre as doses de RIS e a camada avaliada. Foi observado aumento do teor de Na bem como da PST com o aumento da dose para todas as camadas, exceto para 5-10 cm. A alta concentração de Na no RIS foi responsável por aumentar o teor desse elemento no solo, mesmo oito meses depois da última aplicação. Nas doses mais altas ( $40$  e  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) foi observado aumento do Na em profundidade, devido à alta mobilidade desse elemento e sua consequente lixiviação. Embora tenha aumentado, a PST de maior valor foi 1,2%, observada na camada superficial na dose de  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , a qual é inferior aos 6% a partir do qual começam a ocorrer efeitos de toxicidade para as plantas. A relação argila fina / argila total aumentou somente nas camadas mais superficiais (0-5, 5-10 e 10-20 cm) onde houve maior contato do RIS. Porém o aumento da relação argila fina / argila total mostra que embora o Na seja facilmente lixiviado, há um processo inicial de dispersão das partículas mais reativas do solo pelo contato com o Na. Embora esteja ocorrendo um processo inicial de dispersão, não foi constatado movimento de partículas no perfil. O uso do RIS como fonte de nutriente em um Latossolo causa mudanças no complexo sortivo do solo, além de desencadear problemas iniciais na física do solo, por meio da dispersão das partículas.

**Palavras chave:** Resíduo salino, Sódio, Dispersão do solo







## UN MÉTODO SIMPLE Y RÁPIDO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN SUELOS FRANCO ARENOSOS

García, G.V.<sup>1,2,\*</sup>, R.E. Ontivero<sup>3,4</sup>, H.J. Iriarte<sup>3,4</sup>, L.V. Risio Allione<sup>3,5</sup>, M.A. Lugo<sup>3,4</sup>, G.A. Studdert<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Unidad Integrada Balcarce;

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET);

<sup>3</sup> Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis (UNSL);

<sup>4</sup> Instituto Multidisciplinario de Investigaciones Biológicas, CONICET, UNSL;

<sup>5</sup> Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias, UNSL;

\* Ruta Nacional 226, km 73,5, (7620) Balcarce, Prov. de Buenos Aires, gisela\_garcia@mdp.edu.ar

### RESUMEN

La estabilidad de agregados (EA) es el mejor indicador de salud física del suelo. No obstante, su determinación no es sencilla e insume mucho tiempo, desalentando su uso para el monitoreo de la salud física. El cambio de diámetro medio ponderado entre un mojado por capilaridad (MC) y un mojado violento (MV) ( $\Delta DMP_{MC-MV}$ ) es un indicador de la EA frecuentemente utilizado que requiere de seis tamizados en agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar variables obtenidas con un menor número de tamizados en agua que el requerido para el  $\Delta DMP_{MC-MV}$  como indicadores de la EA. Se tomaron muestras de suelo en 0-20 cm en cuatro usos del suelo diferentes en Entisoles de la Provincia de San Luis con textura franco arenosa. Se determinó el  $\Delta DMP_{MC-MV}$  (seis tamizados), el diámetro medio ponderado del MV ( $DMP_{MV}$  tres tamizados), el cambio de masa de macroagregados entre 2000 y 8000  $\mu m$  (MA) entre el MC y el MV ( $\Delta masaMA_{MC-MV}$  dos tamizados) y la masa de MA del MV ( $masaMA_{MV}$  un tamizado). El  $\Delta DMP_{MC-MV}$  se relacionó estrechamente con el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  ( $R^2=0,99$ ). Esta variable permitiría reducir el número de tamizados de seis a dos. No obstante,  $\Delta DMP_{MC-MV}$  y el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  presentaron valores negativos que imposibilitan su interpretación y uso como indicadores de la EA. El  $DMP_{MV}$  es un buen indicador de la EA y su uso permitiría reducir el número de tamizados en agua de seis a tres. Sin embargo, éste se relacionó con la  $masaMA_{MV}$  ( $R^2=0,99$ ). Así, la EA se podría determinar mediante la estabilidad de los MA medida a través de la  $masaMA_{MV}$  que requiere de sólo un tamizado en agua. Esto alentaría el monitoreo de la salud física del suelo. No obstante, es necesario continuar la investigación en un mayor rango de condiciones edafoclimáticas.

**Palabras clave:** masa de macroagregados remanentes de un mojado violento, diámetro medio ponderado de un mojado violento, cambio de diámetro medio ponderado.

### INTRODUCCIÓN

La estabilidad de los agregados (EA) ha sido postulada como el mejor indicador de la salud física del suelo (Aparicio & Costa, 2007; Rabot *et al.*, 2018), debido a que es una propiedad edáfica sensible al manejo del suelo (Aparicio & Costa, 2007; Roldán *et al.*, 2014) y tiene gran influencia sobre su funcionamiento (Rabot *et al.*, 2018). No obstante, las metodologías propuestas para su determinación insumen mucho tiempo y suelen ser difíciles de realizar, lo que desalienta el monitoreo de la salud física del suelo. La metodología descrita por Six *et al.* (1998) contempla la separación de cuatro fracciones por tamaño de agregados mediante tamizados en agua luego de la aplicación de dos pretratamientos de los agregados secos: i) mojado por capilaridad hasta capacidad de campo (MC) y ii) mojado violento (MV). Finalmente, se calcula el cambio en el diámetro medio ponderado de los agregados entre el MC y el MV ( $\Delta DMP_{MC-MV}$ ). Este método insume mucho tiempo porque requiere de seis tamizados en agua. Una reducción en el número de tamizados podría simplificar el procedimiento. Algunas variables obtenidas en el transcurso de la metodología, que requieren de una menor



cantidad de tamizados en agua que la obtención del  $\Delta DMP_{MC-MV}$  han sido postuladas como buenas indicadores de la EA. Estas variables son el diámetro medio ponderado del MV ( $DMP_{MV}$ , tres tamizados), el cambio de masa de macroagregados grandes (2000-8000  $\mu m$ , MA) entre MC y MV ( $\Delta masaMA_{MC-MV}$ , dos tamizados) y la masa de MA remanente del MV (masaMA<sub>MV</sub>, un tamizado) (Roldán et al., 2014; King et al., 2019; García et al., 2020a, b). Para Molisoles del sudeste bonaerense, la masaMA<sub>MV</sub> resultó ser el mejor indicador de la EA (García et al., 2020a, b). Es necesario evaluar la posibilidad de utilizar el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$ , el  $DMP_{MV}$  o la masaMA<sub>MV</sub> como indicadores de la EA en suelos con otras características edafoclimáticas para alentar el monitoreo de la salud física del suelo en forma rutinaria. El objetivo de este trabajo fue evaluar variables obtenidas con un menor número de tamizados en agua que el requerido para el  $\Delta DMP_{MC-MV}$  como indicadores de la EA.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cuatro situaciones de uso del suelo diferentes ubicados en la Provincia de San Luis: i) bosque dominado por caldén (*Prosopis caldenia* Burkart, BOSQUE), ii) pastura cultivada de pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad.), PASTO LLORÓN), iii) pastura cultivada de alfalfa (*Medicago sativa* L., ALFALFA) y iv) monocultivo de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill., SOJA). En cada uso del suelo, se marcaron cuatro áreas de muestreo. En cada una de ellas, se tomó una muestra de suelo compuesta por tres submuestras en 0-20 cm de profundidad. Las muestras de suelo fueron tomadas con pala a capacidad de campo. Las situaciones muestreadas correspondieron a suelos Entisoles de textura superficial franco arenosa, con un rango de 637 a 729 g kg<sup>-1</sup> de arena, 47 a 159 g kg<sup>-1</sup> de arcilla y 185 a 227 g kg<sup>-1</sup> de limo y de 7,2 a 18,7 g kg<sup>-1</sup> de materia orgánica.

Inmediatamente luego de la extracción (i.e. en condición húmeda), las muestras de suelo fueron cuidadosamente separadas con las manos en sus agregados por sus líneas naturales de ruptura, hasta pasar por un tamiz de 8000  $\mu m$  de abertura de malla. Luego, las muestras fueron secadas en estufa con circulación forzada de aire a 50°C hasta peso constante. En ellas se realizó la separación de agregados por tamaño luego del MC y del MV (Six et al., 1998) (Figura 1). Para el MC, 100 g de agregados secos fueron sometidos a un humedecimiento por capilaridad durante 24 h hasta capacidad de campo, mientras que para el MV otros 100 g de agregados secos fueron sometidos a una inmersión rápida en agua. Cada una de estas alícuotas de agregados permaneció 5 min sumergida en agua sobre un tamiz de 2000  $\mu m$ . Posteriormente, mediante tamizados sucesivos en agua (de arriba hacia abajo, con un recorrido de 3 cm y 50 repeticiones durante 2 min), cada alícuota de agregados fue separada en MA, macroagregados chicos (250-2000  $\mu m$ ), microagregados (53-250  $\mu m$ ) y fracción fina (<53  $\mu m$ ). Las primeras tres fracciones se obtuvieron por retrolavado del correspondiente tamiz, se las dejó flocular durante 24 h, se retiró el sobrenadante, se secaron en estufa a 50°C hasta peso constante y, posteriormente, se pesaron. La fracción fina fue descartada y su masa fue calculada como la diferencia entre la masa de agregados inicial (100 g) y la suma de las tres fracciones de agregados recuperadas. Con las masas de las fracciones, se obtuvo: i) la masaMA<sub>MV</sub> ii) el  $\Delta masaMA_{MV-MC}$  (Ecuación 1), iii) el  $DMP_{MV}$  (Ecuación 2) y iii) el  $\Delta DMP$  (Ecuación 3) (Six et al., 1998).

$$\Delta masaMA_{MC-MV} = masaMA_{MC} - masaMA_{MV} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$DMP_{MV} = \sum_{i=1}^4 X_i W_i \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\Delta DMP_{MC-MV} = DMP_{MC} - DMP_{MV} \quad \text{Ecuación 3}$$

En la Ecuación 1, masaMA<sub>MC</sub> es la masa de MA luego del MC. En la Ecuación 2, i identifica a cada fracción separada luego del MV (i.e. 2000-8000 (1), 250-2000 (2), 53-250 (3) y <53 (4)  $\mu m$ ), Xi es el diámetro promedio de la fracción i calculado como la media aritmética de la abertura de malla de dos tamices sucesivos, y Wi es la proporción de masa de la fracción i respecto a la muestra total tamizada (100 g). En la Ecuación 3, el  $DMP_{MC}$  luego del MC ( $DMP_{MC}$ ) se calculó de la misma forma que el  $DMP_{MV}$  (Ecuación 1), pero teniendo en cuenta las masas de las fracciones separadas luego del MC. El análisis estadístico de los datos fue realizado con el programa R (R Core Team, 2017). El efecto del uso del suelo sobre las variables fue analizado mediante análisis de varianza considerando el efecto de las repeticiones. Se evaluó la relación entre las distintas variables a





través de coeficientes de correlación de Pearson y el ajuste de modelos de regresión lineal simple. Se utilizó un nivel de significación menor que 0,05.

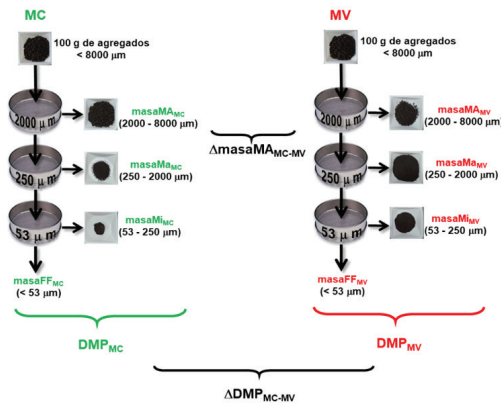


Figura 1. Esquema de la metodología para la separación de agregados. MV: mojado violento, MC: mojado por capilaridad, DMP: diámetro medio ponderado,  $\Delta\text{DPM}_{MC-MV}$ : cambio de DMP entre el MC y el MV,  $\text{masaMA}$ : masa de macroagregados de 2000-8000  $\mu\text{m}$  (MA),  $\text{masaMa}$ : masa de macroagregados de 250-2000  $\mu\text{m}$ ,  $\text{masaMi}$ : masa de microagregados,  $\text{masaFF}$ : masa de la fracción fina,  $\Delta\text{masaMAMC-MV}$ : cambio de DMP entre el MC y el MV. Adaptado de García et al. (2020a).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de  $\Delta\text{DMP}_{MC-MV}$  estuvieron entre -0,78 y 0,45 mm. No hubo efecto significativo del uso del suelo sobre dicha variable (Figura 2a). El  $\Delta\text{DMP}_{MC-MV}$  surge a partir de las determinaciones del  $\text{DMP}_{MC}$  y del  $\text{DMP}_{MV}$  para lo que se requieren seis tamizados en agua (Figura 1, Ecuación 3). El  $\text{DMP}_{MC}$  presentó valores entre 0,29 y 2,03 mm, mientras que el  $\text{DMP}_{MV}$  valores entre 0,20 y 2,22 mm. Contrariamente a lo esperado, ninguna de las dos variables se diferenció significativamente entre usos del suelo, posiblemente debido a la elevada variabilidad entre repeticiones de campo (Figura 2a). El  $\text{DMP}_{MC}$  se correlacionó estrechamente con la  $\text{masaMA}_{MC}$  ( $r=0,99$ ). Del mismo modo, el  $\text{DMP}_{MV}$  se correlacionó con la  $\text{masaMA}_{MV}$  con un coeficiente de correlación de Pearson similar ( $r=0,99$ ). Esto sugiere que,

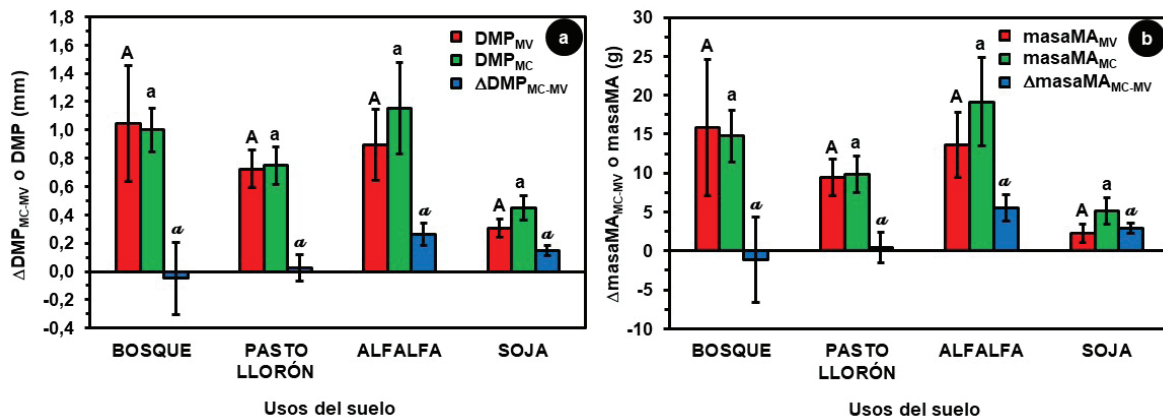


Figura 2. a) Medias de cambio de diámetro medio ponderado (DMP) entre el mojado por capilaridad (MC) y el mojado violento (MV) ( $\Delta\text{DPM}_{MC-MV}$ ) y DMP del MC ( $\text{DPM}_{MC}$ ) y del MV ( $\text{DPM}_{MV}$ ). b) medias de cambio de masa de macroagregados entre 2000 y 8000  $\mu\text{m}$  ( $\text{masaMA}$ ) entre el MC y el MV ( $\Delta\text{masaMA}_{MC-MV}$ ) y  $\text{masaMA}$  remanente del MC ( $\text{masaMA}_{MC}$ ) y del MV ( $\text{masaMA}_{MV}$ ) para los cuatro usos del suelo. Para cada gráfico y cada variable, letras iguales indican diferencias no significativas de la media entre usos del suelo ( $P < 0,05$ ).

en lugar de determinar el  $\text{DPM}_{MC}$  y el  $\text{DPM}_{MV}$  podría simplificarse la metodología determinando sólo la  $\text{masaMA}_{MC}$  y la  $\text{masaMA}_{MV}$  para, finalmente, calcular el  $\Delta\text{masaMA}_{MC-MV}$  (Figura 1). Esta variable presentó valores de entre -16,79 y 9,47  $\text{g} (100 \text{g})^{-1}$  y se relacionó estrecha y positivamente con el  $\Delta\text{DPM}_{MC-MV}$  ( $r=0,99$ ). El  $\Delta\text{masaMA}_{MC-MV}$  representa la estabilidad de los MA y ha resultado ser muy sensible a las prácticas de manejo



(Roldán *et al.*, 2014). No obstante, dado que presentó un comportamiento similar al del  $\Delta DMP_{MC-MV}$  tampoco fue sensible a los cambios en el uso del suelo (Figura 2b). La estrecha relación entre ambas variables permitió el ajuste de un modelo de regresión lineal simple a partir del cual se podría predecir el  $\Delta DMP_{MC-MV}$  a partir del  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  con una gran precisión (Figura 3). Estos resultados coinciden con los reportados por García *et al.* (2020a) para Molisoles del sudeste de la Provincia de Buenos Aires con contenidos de arena menores, en general, y mayores contenidos de materia orgánica. Estos autores observaron una asociación similar ( $r=0,99$ ) entre las dos variables. Lo informado indica que la separación en fracciones de agregados menores que 2000  $\mu m$  (*i.e.* 250-2000, 53-250 y  $<53 \mu m$ ) no sería necesaria para determinar el  $\Delta DMP_{MC-MV}$ . Esta variable dependería, entonces, casi exclusivamente de la estabilidad de los MA determinada mediante el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$ . De este modo, sería posible reducir la cantidad de tamizados en agua de seis a dos para determinar la EA. Sin embargo, el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  al igual que el  $\Delta DMP_{MC-MV}$  presentó algunos valores negativos (Figura 2 y 3). Específicamente, el 31,3% de los valores de cada una de las variables mencionadas fue menor que cero. El ingreso violento de agua a los agregados del suelo (MV) constituye el disturbio al cual se somete la muestra de suelo para evaluar la EA, mientras que el MC separa los agregados por tamaño cuando están en su estado de máxima estabilidad (Six *et al.*, 1998). Por ello, se espera que la  $masaMA_{MV}$  y el  $DMP_{MV}$  sean menores que la  $masaMA_{MC}$  y el  $DMP_{MC}$  respectivamente, y así, el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  y el  $\Delta DMP_{MC-MV}$  tomen valores positivos. La escasa diferencia entre la  $masaMA_{MV}$  y la  $masaMA_{MC}$  (Figura 2b), así como entre el  $DMP_{MV}$  y el  $DMP_{MC}$  (Figura 2a), en algunas de las muestras analizadas, produjo resultados contrarios a los esperados. Esto indica que el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  y el  $\Delta DMP_{MC-MV}$  no serían adecuados indicadores de la EA en los suelos estudiados, dada la imposibilidad de interpretarlos como tales. En relación con esto, García *et al.* (2020a) informaron para Molisoles del sudeste bonaerense que el  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  y  $\Delta DMP_{MC-MV}$  no resultaron ser buenos indicadores de la EA, dado que no permitieron distinguir suelos cuyas  $masaMA_{MV}$  y  $masaMA_{MC}$  (y  $DMP_{MV}$  y  $DMP_{MC}$ ) fueron diferentes. Esto pone en duda el uso del  $\Delta masaMA_{MC-MV}$  y del  $\Delta DMP_{MC-MV}$  como indicadores de salud edáfica en distintas situaciones edafoclimáticas.

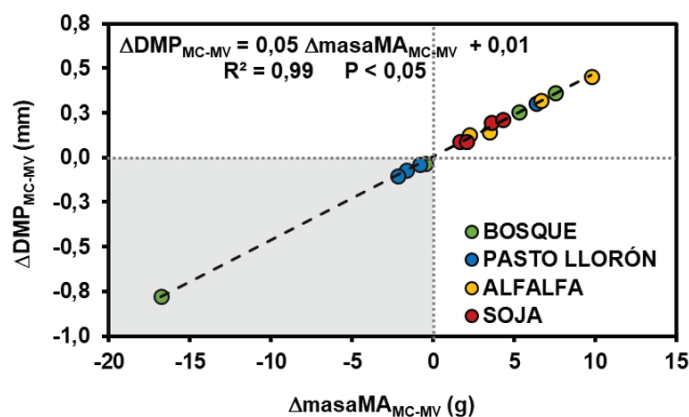


Figura 3. Modelo de regresión lineal simple entre el cambio diámetro medio ponderado entre el mojado por capilaridad y el mojado violento (MV) ( $\Delta DMP_{MC-MV}$ ) y la masa de macroagregados entre 2000 y 8000  $\mu m$  remanente del MV ( $masaMA_{MV}$ ). El área sombreada indica valores negativos de las dos variables.  $n=16$ .

Por otro lado, el  $DMP_{MV}$  es considerado *per se* un indicador de la EA (King *et al.*, 2019). Esto es porque este pretratamiento provoca que el agua ingrese rápidamente en los poros de los agregados secos y se generen grandes fuerzas internas por compresión del aire en su interior, lo que ocasiona un gran disturbio y/o aumenta la vulnerabilidad de los agregados ante el tamizado (Six *et al.*, 1998). Así, las masas de agregados remanentes al tamizar luego de un MV contienen sólo agregados estables (Roldán *et al.*, 2014). La obtención de  $DMP_{MV}$  presenta mayor simplicidad metodológica que la obtención del  $\Delta DMP_{MC-MV}$  ya que requiere sólo tres tamizados en agua. Sin embargo, como se mencionó previamente, el  $DMP_{MV}$  se correlacionó estrechamente con la  $masaMA_{MV}$  ( $r=0,99$ ). De esta manera, la  $masaMA_{MV}$  que presentó valores de entre 0,52 y 41,16 g ( $100 g$ )<sup>-1</sup>, tuvo el mismo comportamiento que el  $DMP_{MV}$  frente a los usos del suelo, no siendo afectada de manera diferencial por ninguno de ellos (Figura 2). Esto indica que el  $DMP_{MV}$  es dependiente casi únicamente del valor de  $masaMA_{MV}$  y no de la masa remanente del resto de las fracciones (*i.e.* 250-2000, 53-250 y  $<53 \mu m$ ).

Dicho de otro modo, la EA es definida por la estabilidad de los MA medida a través de la masa  $MA_{MV}$ . La Figura 4 presenta un modelo de regresión lineal simple con pendiente positiva y elevado  $R^2$  que permitiría predecir el  $DMP_{MV}$  a partir de la masa  $MA_{MV}$ . Estos resultados indican que la masa  $MA_{MV}$  aumenta con aumentos en el  $DMP_{MV}$  y podría ser utilizada como un indicador de la EA en coincidencia con los resultados observados para Molisoles del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (García *et al.*, 2020a, b). Así, con la inmersión en agua de los agregados durante 5 minutos sobre un tamiz de 2000  $\mu m$ , y el posterior tamizado en agua durante 2 minutos, podría determinarse la EA. Esto permitiría simplificar aún más la metodología de determinación de la EA propuesta por Six *et al.* (1998), reduciendo la cantidad de tamizados en agua a sólo uno. No obstante, es factible considerar la necesidad de continuar la investigación en un rango más amplio de condiciones edafoclimáticas. Esto permitiría: i) corroborar los resultados observados en las dos regiones ya evaluadas (San Luis y sudeste de Buenos Aires), ii) comprobar la sensibilidad de la masa  $MA_{MV}$  a los cambios producidos por las prácticas de manejo y los usos del suelo, y iii) ampliar el alcance geográfico de su uso como indicador de la EA:

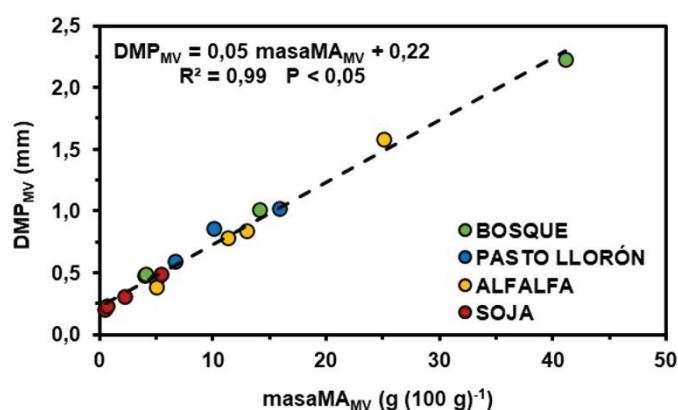


Figura 4. Modelo de regresión lineal simple entre el diámetro medio ponderado del mojado violento ( $DMP_{MV}$ ) y la masa de macroagregados entre 2000 y 8000  $\mu m$  remanente del mojado violento ( $masaMA_{MV}$ ).  $n=16$ .

## CONCLUSIONES

En las condiciones edafoclimáticas estudiadas, la determinación de la EA podría ser simplificada reduciendo el número de tamizados en agua. Esto es así porque, la masa  $MA_{MV}$  que se determina mediante un único tamizado en agua, resultó ser un adecuado indicador de la EA. No obstante, es necesario continuar la investigación en un rango de situaciones edafoclimáticas más amplias. Esto promovería el monitoreo de la salud física del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con fondos otorgados por la Universidad Nacional de Mar del Plata (proyectos AGR633/20 y AGR653/21), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (RIST I-503) y la Universidad Nacional de San Luis (PROICO 02-2718).

## BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, VC & JL Costa. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. *Soil Till. Res.* 96:155-165. DOI: 10.1016/j.still.2007.05.006.
- García, GV; SN Tourn; MF Roldán; M Mandiola & GA Studdert. 2020a. Simplifying the determination of aggregate stability indicators of Mollisols. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 51:481-490. DOI: 10.1080/00103624.2020.1717513.
- García, GV; N Wyngaard; NI Reussi Calvo; S San Martino; F Covacevich & GA Studdert. 2020b. Soil survey reveals a positive relationship between aggregate stability and anaerobic mineralizable nitrogen. *Ecol. Ind.* 117, 106640. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106640.
- King, AE; KA Congreves; B Deen; KE Dunfield; RP Voroney & C Wagner-Riddle. 2019. Quantifying the relationships between soil frac-



tion mass, fraction carbon, and total soil carbon to assess mechanisms of physical protection. *Soil Biol. Biochem.* 135:95-107. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.04.019.

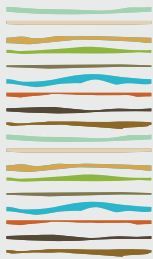
R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/>.

Rabot, E; M Wiesmeier; S Schlüter & HJ Vogel. 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: a review. *Geoderma* 314:122-137. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.11.009.

Roldán, MF; GA Studdert; CC Videla; S San Martino & L Picone. 2014. Distribución de tamaño y estabilidad de agregados en molisoles bajo labranzas contrastantes. *Ciencia del Suelo* 32:247-257.

Six, J; ET Elliott; K Paustian & JW Doran. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 62:1367-1377. DOI: 10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x.





## MODELO FRACTAL APLICADO AL PROCESO DE TRANSPORTE Y DEPÓSITO EN SUELOS DE LA PRADERA PAMPEANA

Gelati, P.R.<sup>1\*</sup>, N.E. Machetti<sup>1</sup>, G.O. Sarli<sup>1</sup>, R.R. Filgueira<sup>12</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – Universidad Nacional de La Plata;

<sup>2</sup> CONICET.

\* Av. 60 y 119. La Plata (1900), Prov. de Buenos Aires, prgelati@gmail.com

### RESUMEN

En la ciencia del suelo se ha utilizado la geometría fractal para tratar de explicar los procesos formadores del suelo mediante el estudio de las distribuciones de tamaño de partículas (DTP). Un objeto fractal está compuesto de una cantidad de estructuras similares superpuestas, visibles a cualquier nivel de detalle. Esta propiedad se conoce como auto similitud. En el norte de la región Pampeana se distinguen, con criterios sedimentológicos y geomorfológicos, dos regiones la Pampa Arenosa (PA) y la Pampa Ondulada (PO). Esta zonación sería consecuencia del proceso de selección granulométrica, resultado del transporte eólico desde las fuentes de aporte. Podría suponerse que un Material Generador (MG), sería el sedimento que contaba con la totalidad de las partículas y su fraccionamiento originó los materiales originales en PA-PO. Se trabajó con la hipótesis que los materiales originales de los suelos de PA-PO derivan de un MG que tenía naturaleza fractal. El proceso de transporte y selección separó porciones, diferenciando las DTP de los materiales originales y este proceso podría modelizarse empleando geometría fractal. Fueron objetivos, evaluar las DTP en suelos de la PA-PO. Interpretar mediante el modelo fractal la granulometría de los suelos en la Pradera Pampeana, profundizar en la interpretación del modelo fractal y ampliar sus aplicaciones. Se formaron cuatro grupos de características homogéneas denominados por la clase textural media de cada uno, franco limoso, franco, franco arenoso y arena franco. Los tres primeros con naturaleza fractal. La dimensión fractal "D" no mostró diferencias, mientras que la C si fue diferente entre grupos. Los resultados indican que se trata de suelos con igual escalamiento y diferente granulometría. La integración de las DTP de los grupos obtuvo una DTP media de tipo fractal. El modelo fractal resultó adecuado para interpretar el proceso de transporte y depósito de los suelos Pampeanos.

**Palabras clave:** Textura, fragmentación, partículas.

### INTRODUCCIÓN

En la ciencia del suelo se ha utilizado la geometría fractal para tratar de explicar la compleja dinámica de los procesos formadores del suelo mediante el estudio de las distribuciones de tamaño de partículas (DTP) (Tyler y Wheatcraft, 1992; Hyslip y Vallejo, 1997; Bittelli et al., 1999; Taguas et al., 1999; Perfect et al., 2002; Millán et al., 2003; Stanchi et al., 2006, 2008, Filgueira et al., 2004, 2006; Gelati, 2020).

Un objeto fractal está compuesto de una cantidad de estructuras similares superpuestas, visibles a cualquier nivel de detalle. Esta propiedad se conoce como auto similitud. El material en un objeto fractal se distribuye en forma heterogénea, pero no al azar, de forma que un patrón de generación se ve idéntico, al menos en el sentido estadístico, independientemente de la amplificación con que se esté observando. Matemáticamente, la auto similitud se puede modelizar con una relación potencial (Mandelbrot, 1982; Turcotte, 1986). Tyler y Wheatcraft, (1992) propusieron el siguiente modelo:

$$M(r < R) = C r^{3-D} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde M es la masa de la distribución de las partículas hasta un radio r menor que R, siendo R el límite su-



perior de la distribución con comportamiento fractal, C es la constante de proporcionalidad y D la dimensión fractal de fragmentación.

En el norte de la región Pampeana se distinguen, con criterios sedimentológicos y geomorfológicos, básicamente dos regiones: la Pampa Arenosa (PA) y la Pampa Ondulada (PO) (Cappanini & Domínguez, 1961). Esta zonación sería consecuencia de un proceso de selección granulométrica como resultado del transporte eólico desde las fuentes de aporte, con una sedimentación proximal de arena y una distal de limo. Es así que el material parental de los suelos grada desde limos loésicos en el este hasta arenas limosas en el oeste (González Bonorino, 1966; Morrás & Cruzate, 2000). Las diferentes granulometrías de los materiales originales podrían ser interpretadas por la matemática fractal (Gelati, 2020).

Al analizar la granulometría de diferentes suelos dentro del transecto este - oeste, estaríamos analizando el resultado de la sedimentación diferencial. Podríamos suponer, haciendo algunas simplificaciones, que un Material Generador (MG), sería el sedimento que contaba con la totalidad de las partículas y su fraccionamiento dio origen a los materiales originales en Pampa Arenosa y Pampa Ondulada (Gelati, 2020).

Se trabajó con la hipótesis que los materiales originales de los suelos de la Pampa Arenosa y Pampa Ondulada derivan de un Material Generador que tenía naturaleza fractal. El proceso de transporte y selección fue separando porciones, diferenciando las DTP de los materiales originales. Este proceso puede modelizarse mediante la geometría fractal.

Fueron objetivos del trabajo, evaluar mediante el modelo fractal las DTP en suelos de la Pampa Arenosa y Pampa Ondulada. Interpretar mediante el modelo fractal la granulometría de los suelos en la Pradera Pampeana. Profundizar en la interpretación del modelo fractal y ampliar sus utilidades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la Pradera Pampeana de Argentina, con material original de Loess, dentro de un transecto este - oeste de 5° 22' 41", se extrajeron muestras superficiales compuestas (0 - 15 cm), de suelos de la Pampa Arenosa (SPA) y suelos de la Pampa Ondulada (SPO).

Las muestras fueron secadas en estufa a 40 °C, con circulación forzada de aire, desagregadas, tamizadas por 2 mm y envasadas.

Las DTP, se realizaron por sedimentación siguiendo el protocolo del método de la pipeta de Robinson (Gee & Bauder, 1986) en probetas de 1000 mL.

Se trabajó con la Ecuación 2, para el análisis de los datos experimentales (Gelati et al., 2019):

$$\frac{M_p}{M_T} = \left(\frac{\phi_p}{\phi_T}\right)^{3-D} \therefore M_p = C \phi_p^{3-D} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde  $M_p$  es la masa porcentual de la DTP hasta el diámetro  $\phi_p$  ( $\mu\text{m}$ ) siendo  $\phi_T$  ( $\mu\text{m}$ ) el diámetro máximo con comportamiento fractal. A los resultados experimentales se les aplicó el modelo de análisis de la varianza y cuando se detectaron diferencias significativas las medias se separaron mediante el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ). Los análisis se realizaron empleando el software estadístico Infostat 2018, versión libre (Di Rienzo et al. 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizadas las sedimentaciones, se obtuvieron las DTP, para cada suelo y sus clases texturales. Los suelos fueron separados en grupos de características homogéneas, designando a cada uno con la clase textural media del mismo, franco limoso (FL), franco (F), franco arenoso (FA) y areno franco (AF).

Grupo FL, la DTP resultó fractal, hasta el 99,0 % de las partículas fueron descriptas por un modelo y se eran suelos de la Pampa Ondulada.



Grupo F, la DTP hasta un 95,5 % fue descrita por dos modelos fractales y se obtuvo de suelos de la Pampa Arenosa.

Grupo FA, hasta 96,3 % la DTP fue descrita por dos modelos fractales y se obtuvo de suelos de la Pampa Arenosa.

Grupo AF, la DTP no fractal, fue descrita por dos modelos lineales, también de la Pampa Arenosa.

Las Ecuaciones que describen a cada grupo y sus ajustes se presentan en la Tabla 1, indicando los valores de C y D, la significancia y los diámetros límite superior hasta donde explica cada modelo. En el caso del grupo AF, los parámetros a y b corresponden a una regresión lineal. Se compararon los parámetros fractales de los suelos por grupo obteniéndose diferencias en el para C ( $P < 0,0001$ ) más no en la dimensión fractal de fragmentación ( $P = 0,35$ ).

Tabla 1. Grupo de suelos, FL franco limoso, F, franco, FA, franco arenoso, AF areno franco. C constante de proporcionalidad del modelo fractal, D dimensión fractal de fragmentación, OA ordenada al origen, m pendiente, p valor, significancia y Ø infl, diámetro aparente en micrómetros límite entre ambos modelos.

Grupo	C	D	p valor	Ø infl (µm)
FL	19,196 c	2,608 a	<0,0001	66
F	11,915 b	2,624 a	<0,0001	33
	6,311	2,442	<0,0001	130
FA	8,556 a	2,633 a	<0,0001	44
	0,774	1,997	<0,0001	122
	<b>OA</b>	<b>m</b>		
AF	6,649	0,246	<0,0001	106
	-29,603	0,589	<0,0001	200

Estos resultados obtenidos con el análisis fractal, coinciden con los estudios geomorfológicos para la región puesto que, el origen común de los materiales, el material generador, es captado por D, donde no hay diferencias en el escalamiento de los grupos FL, F y FA. Se tratan de porciones de la misma curva. Las diferencias entre granulometrías fueron evidenciadas por el parámetro C.

El valor de C, está ligado con la granulometría y su función en el estudio de las DTP es clave, aunque en los estudios fractales de partículas, hasta el presente, solo se ha considerado el valor de la D.

El transporte y depósito del hipotético MG se realizó en una amplia superficie y los resultados de cada zona son porciones de este MG. Para obtener una aproximación a la forma del MG, se realizó una regresión con las distribuciones que caracterizan los grupos fractales y no fractales obteniéndose una DTP media. Esta distribución resultó de tipo fractal, en la Figura 1, podemos observarla junto con los grupos que la originaron. El modelo obtenido es el siguiente:

$$MG(\%) = 10,170 \phi^{0,423} \quad D = 2,577$$

$$2 < \phi (\mu\text{m}) \leq 200$$

$$R^2=0,58. P < 0,0001$$

Donde MG (%) es la masa acumulada del Material Generador en porcentaje, la constante de proporcionalidad tomó un valor de 10,170 mientras que la dimensión fractal de 2,577. La clase textural del MG resultó franco (49,2% de arena, 36,1% de limo y 14,7% de arcilla).





El MG obtuvo un modelo de parámetros similares al GF, pero alcanzó a describir el 95 % de la masa acumulada y el diámetro aparente superior resultó de 200  $\mu\text{m}$ .

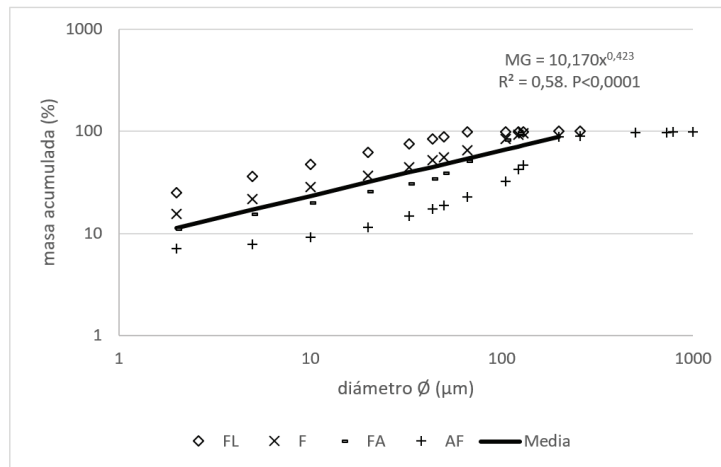


Figura 1. Distribución de tamaño de partículas del grupo franco limoso (FL), franco (F), franco arenoso (FA), areno franco (AF) y la curva media (MG) entre los cuatro grupos hasta  $\varnothing=200 \mu\text{m}$  de tipo fractal.

A partir de los resultados experimentales los grupos están integrados por suelos diferentes, con un mismo escalamiento (D), puesto que el valor de la misma no fue diferente entre los grupos, sin embargo, la constante de proporcionalidad C si resultó diferente entre los mismos, explicando las diferencias entre las DTP de los diferentes sitios de muestreo. Este resultado es análogo a lo descrito por Gonzalez Bonorino (1966) y Morrás & Cruzate (2000), pero utilizando el apoyo de la geometría fractal.

La constante de proporcionalidad es un parámetro fundamental para explicar el modelo fractal, interpretar en forma correcta los resultados proporcionados por la D.

## CONCLUSIONES

La geometría fractal resultó adecuada para interpretar las diferentes distribuciones de tamaño de partículas en la Pampa Arenosa y Ondulada. Los resultados obtenidos se complementan con los estudios geomorfológicos.

Es necesario ponderar el valor que suministra la constante C, para ampliar los alcances del modelo en el estudio de los procesos edáficos.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la FACyF-UNLP y al CONICET.

## BIBLIOGRAFÍA

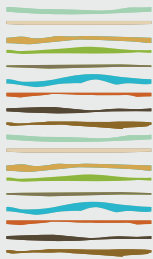
- Bittelli, M; GS Campbell & M Flury. 1999. Characterization of particle-size distribution in soil with a fragmentation model. Soil Sci. Soc. Am. J. 63, 782–788.
- Cappanini D & O Dominguez O. 1961. Los principales ambientes geoedafológicos de la Prov. de Buenos Aires. IDIA, 63: 33-39.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, URL <http://www.infostat.com.ar>
- Filgueira, RR; PR Gelati; LL Fournier & GO Sarli. 2004. ¿Es la distribución de tamaño de partículas de un suelo siempre fractal? Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná Entre Ríos, Argentina.
- Filgueira, RR; LL Fournier; CI Cerisola; PR Gelati & MG García. 2006. Particle-size distribution in soils; a critical study of the fractal model validation. Geoderma, Volume 134, Issues 3-4, 327-334.





- Gee, GW & JW Bauder, 1986. Particle size analysis. methods of soil analysis, part 1. Physical and mineralogical methods. Agronomy Monograph N° 9. Second Edition. Pp. 383-411.
- Gelati, PR; GO Sarli; LA Lozano; RR Filgueira. 2019. Estudio fractal de la distribución de partículas y pseudopartículas en suelos de la pradera pampeana. *Cienc. Suelo (Argentina)* 37 (1): 146-156.
- Gelati, PR. 2020. Distribución del tamaño de partículas y microagregados en suelos de la Pradera Pampeana: estudio mediante la geometría fractal. Tesis doctoral, UNLP, Pcia. de Buenos Aires, Argentina: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/102199>
- González Bonorino F.1966. *J. of Sed. Petrology*, 36(4):1026-1035.
- Hyslip, J & L Vallejo. 1997. Fractal analysis of the roughness and size distribution of granular materials. *Engineering Geology* 48, 231-244.
- Mandelbrot, B. 1982. *The fractal geometry of nature*. W h Freeman and Company. New York.
- Millán, H; M Gonzalez-Posada; M Aguilar; J Domínguez & L Céspedes. 2003. On the fractal scaling of soil data. *Particle size distributions. Geoderma* 117, 117-128.
- Morrás, H & GA Cruzate. 2000. Clasificación textural y distribución espacial del material originario de los suelos de la Pampa Norte. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACS en el 2000. Mar del Plata, Pcia. de Buenos Aires.
- Perfect, E; M Díaz Zorita & J Grove. 2002. A prefractal model for predicting soil fragment size distributions. *Soil and Tillage Research* 36,1-20.
- Stanchi, S; E Bonifacio; E Zanini & Ya Pachepsky. 2006. Presence and prediction of fractal behaviour in particle-size distributions as affected by the sample pretreatment and soil properties. *Soil Sci.* 171 (4), 283-292.
- Stanchi, S; E Bonifacio & E Zanini. 2008. Mass-size fractal dimension of primary and aggregate particles and soil profile development. *Soil Sci.* 173 (2), 87-95.
- Taguas, F; M Martín & E Perfect. 1999. Simulation and testing of self-similar structures for soil particle size distributions using iterated function systems. *Geoderma* 88, 191 -203.
- Turcotte, DL. 1986. Fractals and fragmentation. *J. Geophys. Res.* 91, 1921–1926.
- Tyler, SW & SW Wheatcraft.1992. Fractal scaling of soil particle-size distributions: analysis and limitations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 362–369.





## CAMBIOS EN AGREGACIÓN DEL SUELO A LARGO PLAZO ASOCIADOS A LA APLICACIÓN DE DESECHOS PECUARIOS

Ghiberto, P.J.<sup>1,2\*</sup>, A.M. Batista<sup>2</sup>, A. Ávila<sup>2</sup>, V. Kruguer<sup>2</sup>, I. Navarro<sup>2</sup>, E. Oggero<sup>1</sup>, J.G. Nicolier<sup>2</sup>, S. Imhoff<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias del Litoral (ICiAgro Litoral), Universidad Nacional del Litoral (UNL), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias (FCA-UNL),

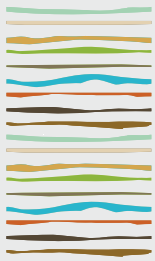
Kreder 2805, CP: S3080HOF, Esperanza, Argentina. [pjghiber@fca.unl.edu.ar](mailto:pjghiber@fca.unl.edu.ar)

### RESUMEN

El trabajo se sustenta en la hipótesis que la aplicación de desechos pecuarios sólidos al suelo causa transformaciones positivas en sus propiedades que perduran en el tiempo y pueden verificarse utilizando indicadores de calidad del suelo. El objetivo fue determinar las consecuencias de la aplicación de desechos pecuarios en la distribución y estabilidad de agregados después de transcurrido un ciclo de rotación de cultivos de cuatro años sin aplicación. Las evaluaciones se realizaron cercano a El Trébol, provincia de Santa Fe, Argentina, sobre Argiudol típico Los Cardos, textura franco limosa en el horizonte A. En dos ensayos diferentes, entre 2014 y 2018, se aplicaron residuos sólidos de barrido de corrales de tambo (BC) utilizando un esparcidor de sólidos y en el otro, residuos semilíquidos de cerdos (SLC) por inyección. La rotación de cultivo fue: maíz 1ra-trigo-moha-trigo-maíz 2da. El ensayo tuvo un diseño en 3 bloques con cuatro tratamientos: testigo (T0), dosis para cubrir el 50% (T1), el 100% (T2) y el 150% de la demanda de N del cultivo a sembrar. En 2018, luego de cosechado el maíz de 2da se suspendió la aplicación de desechos continuando con una rotación similar y 4 años después de suspendidas las aplicaciones se evaluó la distribución de agregados secos por tamaño siguiendo la metodología de Imhoff et al. (2000), el diámetro medio geométrico (DGM) según Perfect et al. (1993), la estabilidad de agregados, sobre material entre 0,2 y 2 mm, con pretratamientos en agua (Ea) y alcohol (Eol) (Hénin et al., 1969). Para ello se extrajeron muestras no perturbadas (retiradas con pala) con un contenido hídrico menor al límite plástico inferior, presentando una consistencia friable cuidando de no comprimir la muestra. Se destaca que en el experimento BC, en T2 (35,5%) y T3 (38,3%) la Ea continúa siendo mayor a T0 (26,9%) (LSD,  $p < 0,1$ ), luego de cuatro años sin aplicaciones de BC, una situación similar se presenta en SLC pero manifestándose este comportamiento solo en T3 (40,7%) respecto T0 (23,1%). En ambos experimentos la Eol no mostró diferencias entre tratamientos. Considerando que suelos con estructura degradada el DGM es menor a 1 mm o mayor a 10 mm, en SLC DGM > 10 y no presentó diferencias entre tratamientos. En BC, DGM en T1 fue 7,6 mm diferente de T3 (11,2 mm) y T2 (11,5 mm) y todos menores a T0 (14,4 mm). En ambos experimentos la desviación geométrica estándar de los agregados no fue diferente entre tratamientos. El efecto de la aplicación de desechos pecuarios perduró con diferente intensidad en los experimentos estudiados luego de cuatro años de suspendidas las aplicaciones.

**Palabras clave:** estructura del suelo, purines, calidad del suelo.





## **ROTACIONES Y CAMBIOS FÍSICOS EN ARGIUJOL: TENSIINFILTROMETRÍA Y AGREGACIÓN**

M. Á. Pilatti<sup>1,2</sup>, O. Felli<sup>2</sup>, M. C. Miretti<sup>2</sup>, V. Kruguer<sup>2</sup>, A. Ávila<sup>2</sup>, P. Ghiberto<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias del Litoral (ICiAgro Litoral), Universidad Nacional del Litoral (UNL), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias (FCA-UNL),

Kreder 2805, CP: S3080HOF, Esperanza, Argentina. [pjghiber@fca.unl.edu.ar](mailto:pjghiber@fca.unl.edu.ar)

### **RESUMEN**

Hay degradación en las mejores tierras de Santa Fe, no sólo de la capacidad productiva sino también de los servicios ecosistémicos del suelo (SES). Sobre esto hay poca información, pero también hay posibilidades de recuperación o mantenimiento. La hipótesis de este trabajo es que, con determinado uso y manejo, se puede producir sin deteriorar las múltiples funciones del suelo. Se evaluaron 4 manejos alternativos en un mismo Establecimiento con Argiudol típico Las Rosas al noroeste de la pampa ondulada santafesina; midiéndose tensioinfiltrometría a 2 tensiones (0 y 0,3 kPa) en superficie y a los 15 cm; además estabilidad de agregados al agua y al alcohol (Ea y Eol); estas propiedades físicas se relacionan con varios SES. Se tomaron muestras en lotes aledaños que presentan el siguiente uso y manejo del suelo: zona virgen (V); Agricultura continua (AC); Agrícola-Ganadero (AG) y Ganadero-agrícola (GA); ambos con pastura base alfalfa y gramíneas. Se hizo cultivo de servicio y fertilización. El V establece la línea de base ambiental, en todos los otros casos han disminuido significativamente, en el siguiente orden de peor a mejor: AC, AG y GA. La tensioinfiltrometría cambió significativamente (Tukey,  $\alpha=5\%$ ) sólo en superficie siendo superior en V e inferior en AC; en profundidad todos los tratamientos se comportaron igual. La degradación de estas propiedades hace suponer una alteración en las funciones que cumple el suelo respecto del suelo virgen y por consiguiente una alteración en los servicios ecosistémicos que puede brindar.

**Palabras clave:** calidad del suelo, degradación, indicadores

### **INTRODUCCION**

Hay abundante documentación que muestra que desde hace más de 45 años las mejores tierras de Santa Fe están degradadas y siguen esa tendencia por la explotación agropecuaria utilizada (Orellana & Priano; 1975, Pilatti et al., 1980; Piñeiro et al., 1982; Panigatti et al., 1982; Michelena et al., 1986; INTA, 1989; Senigagliaesi, 1991; Viglizzo et al., 2002; Pilatti & Orellana; 2012). Si bien se hizo referencia sólo a pérdida de capacidad productiva, poco existe en relación a cómo cambiaron además otras funciones ecosistémicas del suelo: multifuncionalidad o evaluación agroambiental de la calidad del suelo.

También hay evidencia experimental de que puede detenerse la degradación y, en algunos casos, revertirla. Menos información existe sobre esto obtenida en Establecimientos agropecuarios comerciales durante varios ciclos de rotación; ésta es una forma directa para confirmar que es posible producir rentablemente, conservando o mejorando el suelo. Después de muchos años de lotes bajo labranza no controlada las propiedades del horizonte A se han alejado de las condiciones prístinas, por lo que disponer de estos datos naturales es muy importante como referencia para evaluar cuánto se han degradado, si se están manteniendo o recuperando con determinada rotación y manejo. El movimiento del agua y la agregación afectan las funciones ecosistémicas del suelo y, la conductividad hidráulica y la estabilidad de agregados pueden ser utilizados como indicadores de degradación de dichas propiedades. (Andrews et al., 2004; Pilatti et al., 2022).



La hipótesis de este trabajo es que, según el uso y manejo de las tierras, se puede producir sin deteriorar las múltiples funciones del suelo. El objetivo del trabajo fue evaluar cómo cambiaron la infiltración del horizonte superficial y la estabilidad de sus agregados en un Argiudol típico dentro de un mismo Establecimiento con rotaciones agrícola y agrícola-ganadera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En abril del 2019 se midieron propiedades físicas del horizonte superficial (0-20 cm) en el establecimiento Las Magnolias, ubicado 20 km al Sur de Las Rosas departamento Belgrano (Santa Fe, Argentina) (32° 27' 24" S; 61° 34' 12,90" O) a 109 m msnm; en el noroeste de la pampa ondulada. El suelo dominante es Argiudol típico Los Cardos, relieve normal, bien drenado, con pendiente del 1,5 al 2% con un índice de productividad de 90. Tiene horizonte A hasta los 20 cm con 27% de arcilla y 3% de arena; una transición BA de 10 cm de espesor; luego Bt hasta los 108 cm con 38% de arcilla, BC y C con 28% de arcilla (INTA, 1980).

Se evaluaron cuatro variantes de uso y manejo ("tratamientos"):

V : Cuasi prístino natural con árboles asociado y bajo alambrado por más de 50 años.

AC: Agricultura continua; 20 años en SD pero más de 40 años en agricultura. Maíz, soja 1ª, Trigo, Cebada, soja 2ª; muestreado después de soja de 1ª

AG: Agricultura de 14 años + 4,5 años de pastura. Durante el segundo ciclo de rotación se efectuó el muestreo a los 6 años de agricultura restan aún 8 años para iniciar la pastura.

GA: Proviene de 4,5 años de pastura base de alfalfa + festuca + cebadilla + trébol blanco y pasa a agricultura durante 14 años.

Antes de soja todos tienen cultivos de servicio (*Vicia villosa*+ avena). Fertilización: En otoño al voleo: Super fosfato simple 140 kg ha<sup>-1</sup> (Fósforo 13,2 kg; Azufre 17 kg; Calcio 25 kg). Urea a la siembra incorporado en trigo y maíz, varía entre 240 y 360 kg/ha según disponibilidad de nitratos hasta los 60 cm.

Se evaluó la estabilidad de agregados con pretratamientos en agua ( $E_a$ ) y en alcohol ( $E_{oi}$ ) y se calculó el Índice de estabilidad relativa ( $E_r$ ) como  $E_r = E_a/E_{av}$ , siendo  $E_{av}$  la estabilidad de agregados en agua del suelo prístino (Hénin et al., 1972 y Orellana & Pilatti, 1994). Para estabilidad de agregados se extrajeron 5 muestras no perturbadas con 15 extracciones cada una de 0 a 15 cm (retiradas con pala) con un contenido hídrico menor al límite plástico inferior, presentando una consistencia friable cuidando de no comprimir la muestra (Pilatti & Orellana, 1994).

En cada tratamiento se midió la conductividad hidráulica ( $K$ ) utilizando infiltrómetros de tensión en las tensiones ( $\tau$ ) de 0 ( $K_0$ ); y 0,3 kPa ( $K_{0,3}$ ) en superficie y a los 15 cm de profundidad, ambas superpuestas para indagar la continuidad. En cada profundidad se realizaron 5 repeticiones para cada tensión siguiendo los procedimientos de Ankeny (1991) y Ghiberto (1999). Las tensiones de 0 y 0,3 kPa fueron aplicadas consecutivamente para excluir del flujo hídrico a los poros de radio equivalente más grandes que 500  $\mu$ m. Se utilizó la ecuación (1) para evaluar qué porcentaje del flujo de agua ocurre por macroporos mayores a 500  $\mu$ m de radio equivalente (% flujo) y la ecuación (2) para calcular la disminución de la capacidad de conducción de estos poros (%  $D_{flujo}$ ).

$$\% \text{ flujo} = 100 - (K_{0,3} / K_0) \times 100 \quad (1)$$

$$\% D_{flujo} = [100 - (K_0 - K_{0,3}) / (K_{0V} - K_{0,3V})] \times 100 \quad (2)$$

Donde:  $K_{0V}$  y  $K_{0,3V}$  son las  $K_{0V}$  y  $K_{0,3V}$  en el tratamiento V.

El porcentaje de disminución de  $K_0$  (% $DK_0$ ) entre tratamientos fue calculado utilizando la ecuación 3.

$$\% DK_0 = (1 - K_0/K_{0V}) \times 100 \quad (3)$$



Para comparar entre tratamientos se usó análisis de varianza y comparación de medias con Tukey ( $\alpha=5\%$ ). En todos los casos se evaluó la normalidad de la distribución usando los test: chi-cuadrado de bondad de ajuste, W de Shapiro-Wilks y Z para curtosis y asimetría.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tensioinfiltrometría

Los datos de tensioinfiltrometría se presenta en el Tabla 2.

Tabla 2. Conductividad hidráulica para dos tensiones en superficie y a los 15 cm de profundidad del Argiudol típico Los Cardos

Tratamiento	-----Superficial-----					-----Subsuperficial-----				
	$K_0$ cm/h	$K_3$ cm/h	% flujo	% $D_{flujo}$	% $DK_0$	$K_0$ cm/h	$K_3$ cm/h	% flujo	% $D_{flujo}$	% $DK_0$
V	2,1a	1,1a	47,6	--	--	0,7a	0,4a	42,9	--	--
GA	1,1b	0,7b	36,4	60	47,6	0,5a	0,3a	40,0	33	28,6
AG	1,2b	0,6b	50,0	40	42,9	0,6a	0,3a	50,0	0	14,3
AC	0,6c	0,3c	50,0	70	71,4	0,6a	0,4a	33,3	33	14,3

Letras diferentes (en columnas) tienen diferencias significativas de acuerdo a Tukey ( $P<0,05$ )

En superficie  $K_0$  y  $K_{0,3}$  es mayor en V; los tratamientos GA y AG son similares y el mayor deterioro de la conductividad hidráulica se registró en el manejo de AC. En el estrato subsuperficial la K fue baja sin mostrar diferencias entre tratamientos. La  $K_0$  se corresponde con lo sugerido por FAO (1979) y por Rawls et al. (1998) quienes indican 0,4 y 2,3 cm/h para el cuartil inferior y superior; con valor medio de 0,8 cm/h en clase textural similar a la del presente horizonte.

En superficie, el flujo de agua (%flujo) por los macroporos de radio equivalente mayor a 500  $\mu$ m que se produce entre las tensiones de 0 y 0,3 kPa, representa una gran proporción respecto del total. Por otra parte % $D_{flujo}$  y % $DK_0$  evidenciaron el deterioro de la conductividad hidráulica en el tratamiento AC respecto de V. A los 15 cm K fue baja, no hubo diferencias significativas y la baja diferencia entre los valores de  $K_0$  y  $K_{0,3}$  en cada tratamiento, hace inferir que habría muy pocos macroporos.

Se puede inferir de este estudio que la agricultura continua alteró negativamente la trama porosa en superficie, la capacidad para conducir agua, no así a los 15 cm; pero en los lotes bajo cultivo se redujo  $K_0$  a la mitad y ninguno de ellos se muestra con capacidad para recuperarla, ni aún en distintos momentos de la rotación agrícola-ganadera.

### Estabilidad de agregados

Los datos de estabilidad de agregados se muestran en el Tabla 3.

Tabla 3. Estabilidad de agregados la en superficie del Argiudol típico Los Cardos.

Tratamientos	Eol (%)	Ea (%)	Estallido (%)	Er --	CO %
V	81a	75a	6	0,93	4,5
GA	76a	65b	11	0,86	2,5
AG	80a	71a	11	0,89	2,9
AC	78a	47c	31	0,60	2,0

Letras diferentes (en columnas) tienen diferencias significativas de acuerdo a Tukey ( $P<0,05$ ). Se adiciona el carbono orgánico (CO) informado por Pilatti et al. (2021)



En general la estabilidad de agregados es alta. No hay diferencias en el grado de agregación (Eol), pero la  $E_a$  desciende significativamente en los planteos agrícolas (AC y GA); siendo notable como se incrementa el efecto de estallido en AC lo que revela menor macroporosidad e interconexiones intraagregados. Según Orellana & Pilatti (1994), que analizaron muestras de toda la Provincia, la  $E_r < 0,19$  indica suelo degradado; entre 0,19 y 0,54 transición; 0,34 señal alarma de degradación y  $E_r > 0,54$  deterioro admisible; aquí en todos los casos supera a este valor lo que indica una conservación importante, deseable. Es evidente la relación que tiene  $E_a$  con el nivel de CO. En la Figura 1 se representa con línea continua la relación entre  $E_a$  y CO propuesta por Felli *et al.*, (2008) para Argiudoles del centro de Santa Fe; los cuadrados son los datos obtenidos en esta experiencia: es notable la utilidad de la relación obtenida para el Centro con los datos de lotes ubicados más al sur. Se insinúa, posiblemente, una relación de validez más amplia (función de edafotransferencia); lo que se indagará en un trabajo futuro. En otros lotes de la zona de Las Rosas y más al sur, con Argiudoles y AC, es posible encontrar valores de 1,5% de CO lo que indicaría un deterioro físico muy marcado (Ricardo Pozzi, comunicación personal).

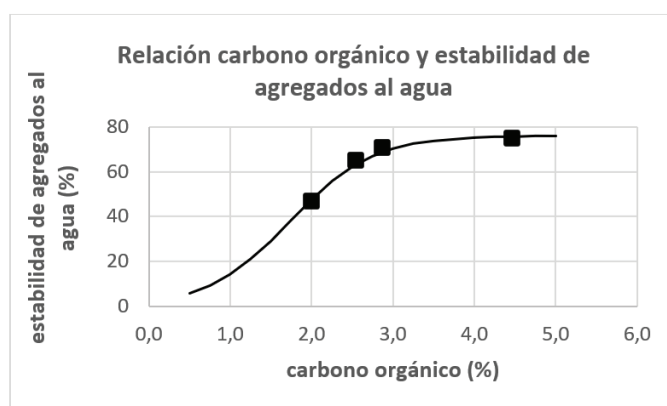


Figura 1. Relación entre la  $E_a$  y el CO (Pilatti *et al.*, 2021) en superficie del Argiudol típico Los Cardos para los diferentes tratamientos indicados con ■, respecto a la ecuación general –trazo continuo- propuesta por Felli *et al.* (2008) para numerosos Argiudoles del centro de Santa Fe.

## CONCLUSIONES

Se puede inferir que la agricultura continua alteró negativamente la trama porosa en la superficie del suelo. El deterioro en la estructura del suelo ocasionado por el manejo se vio evidenciado en la disminución en la estabilidad de los agregados en agua en el horizonte superficial lo que se tradujo en modificaciones en la conductividad hidráulica. La degradación de estas propiedades hace suponer una alteración en las funciones que cumple el suelo respecto del suelo virgen y por consiguiente una alteración en los servicios ecosistémicos que puede brindar.

## AGRADECIMIENTOS

A Las Magnolias, Administración von Buch; Ing. Agr. E. Tecco e Ing. Agr. E. Gasparotti por su interés en esta problemática y apoyo económico. Al proyecto CAI+D2020 “Funciones y servicios ecosistémicos del suelo: propuestas para la región centro-norte de la provincia de Santa Fe” (50620190100042LI) por el apoyo financiero parcial. Al Ing. Agr. J. Nicolier y estudiantes de Agronomía (FCA, UNL) T. Landucci, P. Tatara, J. Walter, L. Manero y R. Falchini por su ayuda incondicional en la toma de muestra y su procesamiento.

## BIBLIOGRAFIA

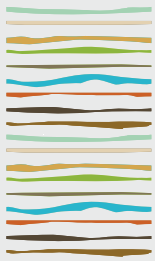
- Andrews, SS; DL Karlen & CA Cambardella. 2004. The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1945-1962.
- Ankeny, MD; M Ahmed; TC Kaspar & R Horton. 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:467-470.



- FAO. 1979. Soil Survey Investigations for Irrigation. FAO Soil Bull. 42. 188pp.
- Felli, O; MA Pilatti & ME Carrizo. 2008. Cambios en la estabilidad de agregados en Argiudoles del centro de Santa Fe. 21º Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo San Luis, Argentina.
- Ghiberto PJ. 1999. Metodologias para a obtenção de parâmetros utilizados em modelos de infiltração da água no solo. Dissertação Mestrado, ESALQ, USP, Piracicaba, Brasil.
- Hénin, S; R Gras & G Monnier. 1972. El perfil cultural. El estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Mundi Prensa. Madrid, España.
- INTA, EEA Rafaela. 1980. Carta suelos -Pcia. de Santa Fe - Localidad: HOJA LAS ROSAS 3363-12. 94 pp.
- Michelena RO; C Irurtia; F. Vavruska, R Mon & A Pittaluga. 1986. Degradación de suelos en el norte de la Región Pampeña. Pub. Técnica 6. PAC. INTA, 132pp.
- Monnier, G. 1965. Action des matières organiques sur la stabilité structurales des sols. Ann. Agron. 16:327-400, 471-574.
- Orellana J. de; L Priano. 1975. La erosión en Santa Fe. Ciencia e Investigación 30:290-297.
- Orellana, JA de & MA Pilatti. 1994. La estabilidad de agregados como indicadores edáficos de sostenibilidad. Ciencia del Suelo 12:75-80
- Panigatti JL; JA Weber & O Pilatti. 1982. Estado actual y futuro de los problemas de suelos en Santa Fe. Consejo de Tecnología Agropecuaria de la Prov. de Santa Fe. 43 pp.
- Pilatti M.A.; A. Fontanetto & J. de Orellana 1980. Uso y agotamiento del suelo: un ejemplo real. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la prov. de Santa Fe; CYTA nro. 17.
- Pilatti, MA & JA de Orellana. 1994. Instrucciones para tomar muestras de suelos. 2ª. Ed., corregida y ampliada. Comunicaciones FAVE, C-002-AD-002, 10pp.
- Pilatti, MA & JA de Orellana. 2012. Suelos ideales para agricultura sostenible. Revista FAVE sección Ciencias Agrarias, 11(1):65-87.
- Pilatti, MA; PJ Ghiberto & JA de Orellana (Eds.). 2022. Hacia una clínica de suelos: Mirando al suelo con ojos de planta. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.
- Pilatti M.A. , O. Felli, R. Polenta, R. Pozzi & P. Ghiberto. 2021. Agotamiento químico en un Argiudol del centro oeste de Santa Fe (Argentina). Actas del XI Congreso sobre uso y manejo del suelo UMS 2021, p. 101.
- Piñeiro A.; M.A Pilatti & D. Mistrorigo. 1982. Degradación del recurso natural suelo y la consecuente disminución de la productividad de la región noreste de Santa Fe. Publicado por la Dir. Gen. de Extensión e Investigaciones Agropecuarias, MAG. 42 pp.
- Rawls WJ; D Jiménez & R Grossman. 1998. Use of soil texture, bulk density and slope of de water retention curve to predict saturat hidraulic conductivity. Trans ASAE 412(4):983-988.
- Senigagliesi C. 1991. Estado actual y manejo de los recursos naturales, particularmente el suelo, en el sector norte de la pampa húmeda. En: Juicio a nuestra agricultura. Hacia el desarrollo de una agricultura sostenible: 31-49. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 351 pp.
- Viglizzo E.F.; A.J. Pordomingo, M.G. Castro & F. Lertota 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. INTA, Programa Nac. de Gestión Ambiental Agropecuaria. 84 pp.







## **IMPACTO DE LA INTENSIFICACIÓN EN LA SECUENCIA DE CULTIVOS EN EL CONTENIDO DE CARBONO Y LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE LOS SUELOS: UN META-ANÁLISIS**

Giustiniani, E.<sup>2\*</sup>, F. Behrends Kraemer<sup>1</sup>, L.A. Garibaldi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, FAUBA;

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (INRAD), UNRN, CONICET, Argentina;

\*Anasagasti 1463, San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro, [egiustiniani@unrn.edu.ar](mailto:egiustiniani@unrn.edu.ar)

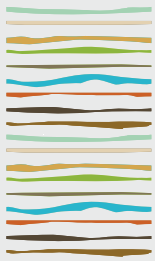
### **RESUMEN**

La intensificación en la secuencia de cultivos (ISC) se presenta como una estrategia clave para conservar la salud de los suelos agrícolas y sostener a lo largo del tiempo las funciones y servicios ecosistémicos que estos proveen. Sin embargo, los efectos de esta práctica son sitio-específicos y se ven afectados por características locales como el tipo de suelo, el contenido de carbono inicial del suelo y el tipo de cultivo empleado. La estabilidad estructural (EE) y el carbono orgánico (C) son indicadores ampliamente utilizados para evaluar la salud del suelo ya que están muy vinculados a distintos servicios y funciones que este provee, y son sensibles a las prácticas de manejo. En este trabajo realizamos un meta-análisis para evaluar el efecto de la ISC en el stock de C y la EE en distintos suelos de la región centro-este de la Argentina. También evaluamos como esos resultados variaban según la textura del suelo, la profundidad de muestreo, los años de la secuencia de cultivo, el tipo de cultivo utilizado y la cantidad de C previa a la ISC. En la búsqueda recopilamos 36 estudios, de los cuales 34 reportaron resultados del C y 26 de la EE; 22 estudios reportaron resultados tanto de la EE como del C. La ISC aumentó el stock de C y la EE en 18% y 46% en promedio, respectivamente. La ISC generó un mayor incremento en el stock de C en los suelos de textura gruesa (42%) y el aumento fue notablemente menor en los suelos de textura media y fina (14% y 10% respectivamente). En el caso de la EE, los suelos de textura fina registraron un mayor aumento de la estabilidad que los suelos de textura gruesa (66% y 39% respectivamente). Los mayores aumentos del stock de C se registraron en el estrato superficial y en el perfil completo del suelo (0-20 cm) (ambos 20% en promedio); a diferencia del estrato subsuperficial que registró un aumento del 13%. Contrariamente la EE registró una mayor estabilidad en la capa subsuperficial (60%) que en la superficial (33%); también con un valor similar al valor registrado para todo el perfil (59%). Los estudios de larga duración (>10 años) fueron los que mostraron un mayor aumento del stock de C y de la EE. El contenido de carbono inicial correlacionó negativamente con el aumento del stock de C pero no se encontró ningún efecto para la EE. Por su parte, el porcentaje de gramíneas de la secuencia de cultivo tuvo un efecto positivo en el aumento del stock de C (61%). La falta de información sobre alguna medida de dispersión de la EE y del stock de C, fue una falencia que se detectó en el 44% de los estudios recopilados. Los resultados de este trabajo indican que la ISC es una práctica efectiva para aumentar el stock de C y la EE de los suelos de la región. La magnitud de estas mejoras dependerá de las características específicas del sitio y del manejo agronómico realizado.

**Palabras clave:** Intensificación de la secuencia de cultivos, carbono orgánico, estabilidad estructural.







## EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INTENSIFICACIÓN EN LA SECUENCIA DE CULTIVOS EN LA MICROESTRUCTURA DE UN HAPLUSTOL TORRIORTÉNTICO

Giustiniani, E.<sup>2\*</sup>, Behrends Kraemer, F.<sup>1</sup>, Bressan, E.<sup>4</sup>, Savino, P.<sup>3</sup>, Castiglioni, M.<sup>1</sup>, Morrás, H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, FAUBA;

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (INRAD), UNRN, CONICET, Argentina;

<sup>3</sup>INTA - Santiago del Estero, Argentina; <sup>4</sup>Instituto de Suelos-CIRN-INTA, Argentina;

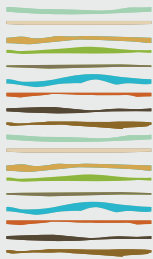
\*Anasagasti 1463, San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro, [egiustiniani@unrn.edu.ar](mailto:egiustiniani@unrn.edu.ar)

### RESUMEN

Los suelos de la región del semiárido en Santiago del Estero sufren serios procesos de degradación como consecuencia de los importantes cambios en el uso del suelo, las prácticas de manejo inadecuadas y la alta fragilidad de sus tierras. La intensificación en la secuencia de cultivos (ISC) es una práctica que aumenta la cantidad total de residuos retornados al suelo y lo protege del impacto erosivo de la gota de lluvia, mejorando de esta forma propiedades edáficas como la porosidad, el balance de carbono y la estabilidad estructural. El objetivo de este trabajo fue evaluar mediante técnicas micromorfológicas y micromorfométricas el efecto de la ISC en lotes con cultivo de algodón bajo siembra directa. Estos lotes pertenecen a un ensayo a largo plazo del INTA, con más de 20 años de agricultura y labranza convencional. Se analizaron 4 secuencias de cultivos distintas que duraron 8 años: monocultivo de algodón (A), maíz-algodón (MA), maíz- algodón-soja (MAS), rotación maíz - trigo + algodón/soja/maíz (MTSA). Además se consideró una situación de referencia de ese suelo correspondiente al monte nativo (AN). La presencia de una mayor proporción de cultivos durante el año, favoreció el desarrollo de la macroporosidad (>50 µm) superficial (0-6 cm) en MTSA (29,2%) respecto al monocultivo de algodón (17,7%) y a las secuencias con una menor intensificación, MA y MAS (20,5 % y 24,3 % respectivamente). Sin embargo, en el estrato inferior (6-12 cm) sucedió lo contrario y el monocultivo fue el que registró una mayor porosidad. El AN tuvo una porosidad similar a la de MTSA (27% y 24,7% respectivamente). En todas las secuencias predominaron los poros >1000 µm en el estrato superficial, pero la proporción fue mucho mayor en el MTSA (74%) y en el AN (73%), correspondiendo mayoritariamente a poros de morfología elongada. Estos poros elongados tuvieron una tendencia a la horizontalidad en todos los tratamientos, a excepción de A donde predominaron los poros oblicuos. La orientación de los poros >100 µm varió según la profundidad analizada y no hubo diferencias entre las distintas secuencias de cultivos. Mediante el análisis micromorfológico se observó la presencia de fisuras en MAS, MA y MTSA. En cambio, en el AN se observó la presencia de poros de empaquetamiento compuesto. Todas las muestras presentaron una alta actividad biológica, si bien en el A dicha actividad fue menos evidente. Se observan canales con relleno biológico y material fino (limos gruesos y arenas finas), mientras que en A la proporción de relleno biológico fue menor. Estos rellenos podrían ser producto de la baja estabilidad estructural de los agregados presentadas en el estrato superficial (0,77 mm en promedio) y al sistema de riego utilizado en la región (por manto). El análisis micromorfológico y micromorfométrico desarrollado en este trabajo pone en evidencia la importancia de la ISC para la estabilización de los macroporos >50 µm, especialmente, en suelos sumamente frágiles como los del semiárido de Santiago del Estero.

**Palabras clave:** micromorfología, micromorfometría, porosidad.





## **EL CARBONO OXIDABLE POR PERMANGANATO EN SUELOS DEL OESTE DE LA REGIÓN PAMPEANA**

Gómez, M.F. <sup>1,2</sup>, G. Lara <sup>2\*</sup>, E. Noellemeyer <sup>2</sup>

<sup>1</sup> FONCyT; <sup>2</sup> Facultad de Agronomía (Universidad Nacional de La Pampa).

\* Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, RA6300 Santa Rosa L.P. Ruta 35 km 334. Argentina. lara@agro.unlpam.edu.ar.

### **RESUMEN**

La evaluación de ciertas fracciones del carbono orgánico del suelo arroja mejor información sobre la dinámica del mismo que el valor de carbono total o de materia orgánica total del suelo. Obtener los valores de estas fracciones suele resultar costoso y complejo metodológicamente por lo que pocos investigadores lo toman como parámetro en los análisis de suelo. En los últimos años ha tomado relevancia a nivel global el uso de un método de determinación de una parte del carbono basado en la utilización de permanganato de potasio como oxidante del carbono orgánico. Este método nos permite medir una fracción del carbono (C) biológicamente activo (llamado POXC, o C activo) de un modo fácil, rápido y económico, mostrando además una gran sensibilidad para registrar cambios en la dinámica del C debido a disturbios externos en el equilibrio del suelo. El objetivo de este trabajo es probar este método comparando los valores obtenidos con los de otro parámetro conocido, el carbono orgánico particulado (POC). Las hipótesis planteadas son que ambas fracciones de carbono se correlacionan positivamente entre sí, y que los valores de POXC pueden registrar diferencias entre usos de suelo y estratos del perfil edáfico. La experiencia se realizó en suelos francos arenosos de Anguil (La Pampa, Argentina) y del partido de América (Buenos Aires, Argentina) bajo diversos usos. A partir de muestras compuestas, obtenidas en distintos estratos de suelo, se determinó carbono orgánico total, carbono particulado y carbono activo. En los resultados se observa una correlación positiva entre las fracciones de carbono. La determinación con la metodología por permanganato de potasio resultó fácil, económica, rápida y sensible como indicador de carbono biológicamente activo del suelo, lo que lo posiciona como un método interesante en estudios de secuestro de carbono y de la salud del suelo.

**Palabras clave:** POXC; carbono activo; carbono particulado

### **INTRODUCCIÓN**

El carbono (C) participa en procesos biológicos y ecológicos claves en el funcionamiento de un suelo vivo y por tanto es considerado un importante indicador de la salud del mismo. Una forma de representarlo es mediante la reserva de C usualmente expresada como el carbono orgánico total (COT) o materia orgánica (MO) del suelo. Esta reserva, sin embargo, suele ser poco sensible en el corto plazo a disturbios producidos en el suelo ya sea por manejo del mismo o por eventualidades climáticas. Para evaluar la dinámica del C del suelo en períodos cortos, la medición de algunas fracciones de C puede ofrecer mejor información que el COT (Gruver, 2015) the recommended concentration (20 mM. Entender esta dinámica y su asociación, por ejemplo, a determinadas prácticas de manejo, puede mejorar notablemente la gestión del recurso suelo.

Pese a esto, las fracciones de C son indicadores poco usados para evaluar salud o calidad de suelo, utilizándose de manera exclusiva en muchos casos solo el valor de COT (Bünemann et al., 2018). Esto puede deberse a la complejidad metodológica y/o costo de algunas de las técnicas para extraer y medir esas fracciones



de C. En los últimos años ha tomado relevancia a nivel global el uso de un método de determinación de una parte del carbono basado en la utilización de permanganato de potasio como oxidante del carbono orgánico. Este método nos permite medir una fracción del C biológicamente activo (llamado POXC, o C activo) de un modo fácil, rápido y económico, mostrando además una gran sensibilidad para registrar cambios en la dinámica del C debidos a disturbios externos en el equilibrio del suelo (de Souza et al., 2016; Hurisso et al., 2016; Bongiorno et al., 2019).

El objetivo de este trabajo es probar el método de determinación de POXC comparándolo con los valores obtenidos de otro parámetro conocido, el carbono orgánico particulado (POC). Las hipótesis planteadas son que ambas fracciones de carbono se correlacionan positivamente entre sí, y que los valores de POXC pueden registrar diferencias entre usos de suelo y estratos del perfil edáfico.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se llevó a cabo en suelos francos arenosos de Anguil (La Pampa, Argentina) y del partido de América (Buenos Aires, Argentina). En los suelos de Anguil se muestrearon 9 lotes, de los cuales 3 tienen una historia fuertemente agrícola, 3 tienen manejo ganadero en base a pasturas de alfalfa de más de 3 años de antigüedad y 3 pertenecen a relictos de bosque nativo con utilización ganadera. En estos suelos se extrajeron muestras compuestas (5 submuestras) del perfil de suelo de los estratos de 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad. Para algunos análisis se obtuvo el promedio de los estratos para obtener un valor único de 0-20 cm. En los suelos del noroeste bonaerense se tomaron muestras compuestas (5 submuestras) de 4 lotes de historia agrícola en el estrato de 0 a 20 cm del perfil del suelo. Las determinaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía (UNLPam) y fueron las siguientes:

### **Determinación de carbono orgánico total (COT)**

El contenido de C orgánico total se determinó siguiendo la norma IRAM/SAGyP 29571-3, la cual se basa en la metodología propuesta por Walkley y Black (1934).

### **Determinación de carbono particulado (POC)**

El fraccionamiento de suelo se realizó de acuerdo con la técnica descrita por Cambardella & Elliott (1993) provided the fractions can be related to functional or structural components in soil. Ultrasonication is commonly used to disrupt the soil structure prior to physical fractionation according to particle size, but may cause redistribution of OM among size fractions. The presence of mineral particles in size fractions can complicate estimations of OM turnover time within the fractions. Densitometric separation allows one to physically separate OM found within a specific size class from the heavier-density mineral particles. Nutrient contents and mineralization potential were determined for discrete size/density OM fractions isolated from within the macroaggregate structure of cultivated grassland soils. Eighteen percent of the total soil C and 25% of the total soil N in no-till soil was associated with fine-silt size particles having a density of 2.07-2.21 g/cm<sup>3</sup> isolated from inside macroaggregates (enriched labile fraction or ELF para obtener la fracción de agregados de 53 a 2000 µm, a la cual posteriormente se le determinó el contenido de carbono siguiendo la misma norma IRAM/SAGyP 29571-3, empleada para COT.

### **Determinación de carbono oxidable por permanganato (POXC)**

Para la determinación de POXC se siguió la metodología original propuesta por Weil et al. (2003) atendiendo a las sugerencias realizadas por Culman et al. (2021). Las lecturas se realizaron con el Espectrofotómetro Metrolab 1600 Plus, el cual posee un ancho de celda de lectura de 1 cm. Dado que este ancho de celda corresponde a la mitad de los usados en el método original se decidió reducir también a la mitad la molaridad de la solución base, usando de este modo una solución 0,01 M.

### **Análisis estadísticos**

Todos los análisis de datos se realizaron con el software INFOSTAT (versión 2020). Por un lado, se analizaron las diferencias de los valores de POXC entre usos de suelo, estratos del mismo y zonas se mediante ANOVA uni y bifactoriales, usando a posteriori el test de Tukey ( $p < 0,05$ ) para probar la significancia de las diferencias



entre las medias. La relación entre las fracciones POXC y POC del suelo se analizaron mediante regresiones logarítmicas. El cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad se comprobó gráfica y analíticamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de POXC obtenidos permitieron observar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el estrato de 0-20 cm de los bosques nativos con respecto al resto de los usos, no encontrándose diferencias entre alfalfas y agrícolas ni entre los agrícolas de diferentes zonas (Figura 1). Si bien la sensibilidad del parámetro ante distintos usos del suelo ya ha sido comprobada en numerosos estudios (Culman et al., 2012; Hurisso et al., 2016; Bongiorno et al., 2019) active C en este trabajo sólo se observaron diferencias entre un sistema natural como lo es el bosque nativo, con respecto a usos más intensivos del suelo. Se puede apreciar que las medias de POXC de los suelos ganaderos base alfalfa son más altas que las de los agrícolas, pero esas diferencias no fueron significativas, por lo que creemos que se requiere mayor densidad de muestreos en suelos con estos usos para corroborar o refutar esa tendencia.

Puede observarse también que las medias de POXC no arrojaron diferencias significativas entre los potreros con uso agrícola de ambas zonas de estudio (Anguil y América).

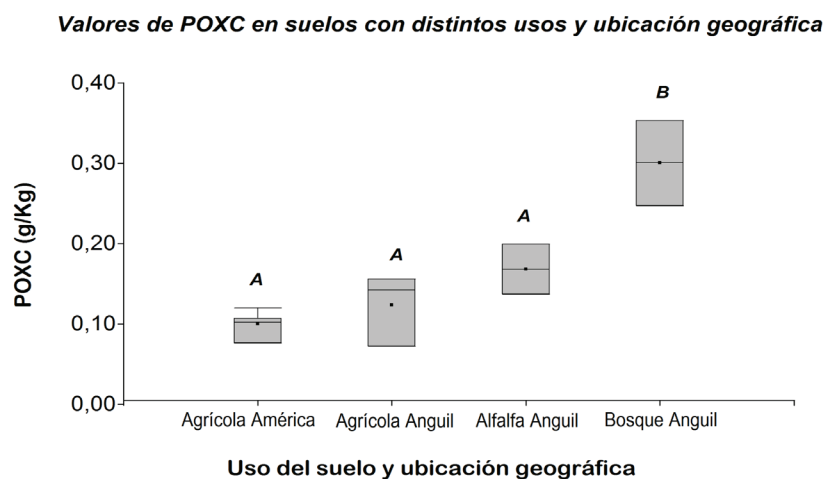


Figura 1. Valores de POXC ( $g\ kg^{-1}$ ) para distintos usos de suelo y ubicación geográfica. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

A su vez, los valores de POXC registraron diferencias significativas entre los estratos del perfil del suelo evaluados (0-10 cm y 10-20 cm) en los suelos de Anguil (Figura 2). La interacción entre los factores estratos y usos de suelo resultó no significativa ( $p > 0,05$ ).

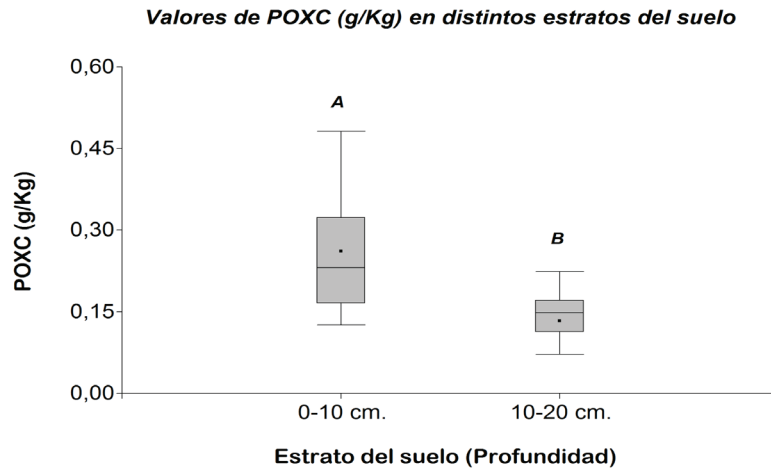


Figura 2. Valores de POXC ( $g\ kg^{-1}$ ) para distintos estratos de suelo. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

El análisis de regresión entre los valores de las fracciones POXC y POC arrojó un modelo logarítmico ( $p < 0,001$ ) donde **POXC ( $g\ gk^{-1}$ ) =  $0,14 * \log POC (g\ gk^{-1}) - 0,03$** . La representación gráfica del modelo puede visualizarse en la figura 3.

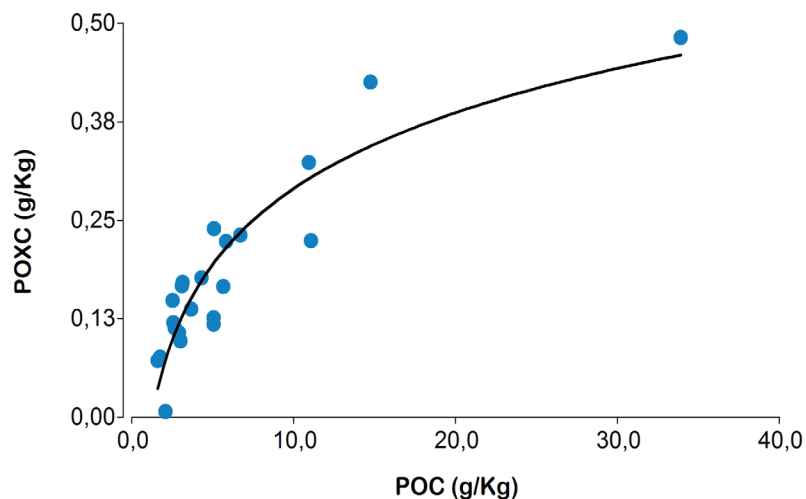


Figura 3. Relación entre los valores de POXC ( $g\ kg^{-1}$ ) y POC ( $g\ gk^{-1}$ ) en muestras de suelos con distintos usos, estratos y ubicación geográfica.  $R^2 = 0,84$  ( $n=22$ ).

El modelo logarítmico encontrado concuerda con lo hallado por otros autores al comparar los valores de POXC con otras fracciones de carbono del suelo o con el carbono total (Culman et al., 2012; Hurisso et al., 2016) active C. Este comportamiento podría deberse a una saturación de la reacción del  $KMnO_4$  con el carbono del suelo a medida que se incrementa la concentración de éste, tal como lo describe Gruver (2015) the recommended concentration (20 mM). Es por esto por lo que el método se muestra más sensible cuando las concentraciones de carbono del suelo son más bajas y tiende a disminuir en la medida que se trabaja con suelos con altos contenidos de materia orgánica tal como bosques nativos. Particularmente el valor más alejado del cero (tanto en valores de POXC como de POC) en la Figura 3 corresponde al estrato 0-10 cm de un bosque nativo que poseía un 7 % de materia orgánica. El resto de las muestras evaluadas registraron valores de entre 1,2 % y 4% de materia orgánica, que son valores más frecuentes para las zonas de estudio.

## CONCLUSIONES

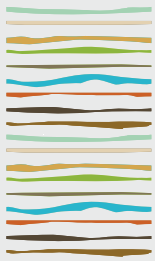
La metodología de determinación de carbono de suelo por permanganato de potasio resultó mucho más dinámica y sencilla que la determinación de carbono particulado coincidiendo con lo observado por Bongiorno et al. (2019) and can be assessed by measuring soil chemical, physical and biological parameters. Among soil parameters, labile organic carbon is considered to have a primary role in many soil functions related to productivity and environmental resilience. Our study aimed at assessing the suitability of different labile carbon fractions, namely dissolved organic carbon (DOC quienes además determinaron que el método fue 1,4 veces más barato en su estudio. A su vez el método se mostró sensible a diferentes usos de suelo y al estrato del mismo del que se extrae la muestra, correlacionando muy bien con los valores obtenidos de POC. Se necesitan estudios con mayor cantidad de suelos de diversas características para lograr análisis más concluyentes, pero esta primera aproximación a la técnica de determinación de carbono activo es sumamente auspiciosa para seguir indagando en ella y en la utilización del POXC en análisis de suelos. La evidencia acumulada muestra que POXC es un parámetro edáfico que permite observar la dinámica del carbono, registrando particularmente una fracción de carbono biológicamente activo que puede estabilizarse, por lo que resulta muy interesante en estudios de secuestro de carbono y en evaluaciones de la salud del suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bongiorno, G., Bünemann, E. K., Oguejiofor, C. U., Meier, J., Gort, G., Comans, R., Mäder, P., Brussaard, L., & de Goede, R. (2019). Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators*, 99(September 2018), 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.008>
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuiper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J. W., & Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120(September 2017), 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Cambardella, C. A., & Elliott, E. T. (1993). Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma*, 56(1–4), 449–457. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(93\)90126-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(93)90126-6)
- Culman, Steve W., Hurisso, T. T., & Wade, J. (2021). Permanganate Oxidizable Carbon: An Indicator of Biologically Active Soil Carbon. *Laboratory Methods for Soil Health Analysis, August*, 152–175. <https://doi.org/10.1002/9780891189831.ch9>
- Culman, Steven W., Snapp, S. S., Freeman, M. A., Schipanski, M. E., Beniston, J., Lal, R., Drinkwater, L. E., Franzluebbers, A. J., Glover, J. D., Grandy, A. S., Lee, J., Six, J., Maul, J. E., Mirksy, S. B., Spargo, J. T., & Wander, M. M. (2012). Permanganate Oxidizable Carbon Reflects a Processed Soil Fraction that is Sensitive to Management. *Soil Science Society of America Journal*, 76(2), 494–504. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0286>
- de Souza, G. P., de Figueiredo, C. C., & de Sousa, D. M. G. (2016). Relationships between labile soil organic carbon fractions under different soil management systems. *Scientia Agricola*, 73(6), 535–542. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0047>
- Gruver, J. (2015). Evaluating the Sensitivity and Linearity of a Permanganate-Oxidizable Carbon Method. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(4), 490–510. <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.997387>
- Hurisso, T. T., Culman, S. W., Horwath, W. R., Wade, J., Cass, D., Beniston, J. W., Bowles, T. M., Grandy, A. S., Franzluebbers, A. J., Schipanski, M. E., Lucas, S. T., & Ugarte, C. M. (2016). Comparison of Permanganate-Oxidizable Carbon and Mineralizable Carbon for Assessment of Organic Matter Stabilization and Mineralization. *Soil Science Society of America Journal*, 80(5), 1352–1364. <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.04.0106>
- Walkley, A. & Black, I. A. (1934). An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*. 37 (1), pp. 29-38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Weil, R. R., Islam, K. R., Stine, M. A., Gruver, J. B., & Samson-Liebig, S. E. (2003). Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(1), 3–17. <https://doi.org/10.1079/AJAA2003003>







## **DISTINTAS SECUENCIAS DE CULTIVO Y SU EFECTO LUEGO SEIS CAMPAÑAS SOBRE EL FÓSFORO Y RENDIMIENTO.**

Gomez, N. A.<sup>1</sup>, P. Savino, E.A. Azar, O. Hernández

<sup>1</sup>INTA Santiago del Estero. [gomez.nestor@inta.gob.ar](mailto:gomez.nestor@inta.gob.ar)

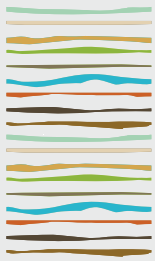
### **RESUMEN**

Uno de los cultivos de importancia económica, social e industrial en Santiago del Estero es el algodón, con cerca de 200.000 ha sembrada, en la campaña 2021-22. Un 40% de esta superficie se produce en la zona de riego. Esta zona se realiza por presentar una agricultura intensiva con un importante movimiento de suelo para la implantación del cultivo. Los suelos son de origen aluvial y loésico con alto porcentaje de limo. Las altas temperaturas estivales, generan una progresiva caída en la materia orgánica del suelo (M.O.S) y el fósforo (P). Nutrientes como el carbono y nitrógeno participan en la M.O y pueden mantenerse mediante buenas practica agrícolas, como rotación de diversos cultivos, sin embargo, el P, la única fuente de renovación son los fertilizantes sintéticos o abonos orgánicos. Una deficiencia de P produce una reducción del crecimiento vegetal, afectando el rendimiento del mismo. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de distintas secuencias de cultivos, durante 6 campañas agrícolas, sobre el comportamiento del fósforo para los primeros 20 cm de suelo, en un sistema de S.D y con riego. El ensayo se encuentra ubicado en CEFC del INTA Santiago del Estero. El lote provenía de 30 años de agricultura a base de algodón y hortalizas. A partir del año 2013, se comenzó a trabajar en los proyectos de INTA en los Ensayos de Larga Duración, donde este lote se incorpora la siembra directa (SD). El diseño experimental es en bloques completos al azar con 5 repeticiones (bloque) y 5 tratamientos, correspondiente a las secuencias 1: A-A-A-A-A; 2: A-A-S-A-A-M; 3: S-A-A-M-S-A; 4: A-A-M-A-A-M; 5: AT-AT-ST-AT-AT-MT, donde algodón (A), maíz (M), trigo (T) y soja (S). El tamaño de parcela fue de 25 m x 20 m (500 m<sup>2</sup>). Recibieron entre 2 a 5 riego por ciclo de cultivo y uno en presiembra. Los muestreos se realizaron en el mes de octubre, desde el 2014 al 2019 antes de la siembra de los cultivos estivales, a la profundidad de 0-20 cm. Para cada parcela y año se determinó fósforo extraíble por bicarbonato de sodio, extracción Olsen (IRAM 29570-2). Se determinó el rendimiento final de los cultivos. Los datos fueron analizados por medio de modelos lineales generales y mixtos con test de LSD de Fisher, usando el paquete estadístico Infostat 2020. Los resultados indican que existe interacción entre secuencia por año (*p*-valor 0,001\*\*). No se pudo determinar un patrón entre cultivo y P. Lo que se puede apreciar es una relación negativa y significativa entre P y años de agricultura ( $y = -4,7184x + 34,486$ ) con un  $R^2 = 0,7977$ , o sea una caída de este nutriente a medida que pasan los años, por la extracción de los cultivos, sin su reposición. Por su parte los rendimientos del cultivo de algodón, en las primeras campañas son más elevados que en las últimas. La incorporación de SD, sin fertilización, produce una merma en la concentración del P del suelo, afectando el rendimiento del algodón.

**Palabras clave:** algodón, rotación, P olsen.







## **EFFECTO DE SEIS CAMPAÑAS Y DISTINTAS SECUENCIAS DE CULTIVO SOBRE EL CARBONO ORGANICO Y RENDIMIENTO**

Gomez N. A.<sup>1</sup>, P. Savino, E.A. Azar, O. Hernández

<sup>1</sup>INTA Santiago del Estero. [gomez.nestor@inta.gob.ar](mailto:gomez.nestor@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

La zona de riego de Santiago del Estero se caracteriza por el uso de una labranza convencional y un movimiento importante de suelo en los primeros cm, además de un sistema de irrigación por manto. La combinación de estos factores y suelos con altos contenidos de limo, junto a las altas temperaturas estivales generan una progresiva degradación tanto física como química de los suelos de esta área. Esto produce caídas del COT% del suelo, repercutiendo en el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Una alternativa para sostener los niveles de nutrientes sería mediante la implementación de la siembra directa (SD) y rotación de cultivos. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de distintas secuencias de cultivos, durante 6 campañas agrícolas, sobre el comportamiento del COT % para los primeros 20 cm de suelo, con un sistema de S.D y con riego. El diseño experimental del ensayo fue en bloques (franjas) completos al azar con 5 repeticiones y 5 tratamientos, que consisten en diferentes secuencias de cultivos, incluye al algodón (alg), maíz (mai), trigo (tri) y soja (soj). El tamaño de parcela fue de 25 m x 20 m (500 m<sup>2</sup>). La incorporación de SD, mejora el COT% para los primeros 20 cm del suelo, independientemente de la secuencia de cultivo, y es mayor para las que incorporaron soja, maíz o trigo como doble cultivo en relación al monocultivo de algodón. A medida que las campañas transcurren, también se incrementa el COT%, independientemente de las secuencias y los cultivos, hasta llegar a estabilizarse en las últimas 3 campañas. El incremento del COT% en los primeros años se visualiza en los altos rendimientos del algodón registrados, para luego decaer en las últimas 2 campañas.

**Palabras clave:** siembra directa, algodón, sustentabilidad

### **INTRODUCCIÓN**

Uno de los principales cultivos en la provincia de Santiago del Estero es el algodón, con una superficie de siembra anual de cerca 200000 ha (Secretaría de Agricultura 2022). Esta superficie se extiende en dos zonas, una de secano (sector Este de la provincia) y otra de riego (centro de la provincia), con aproximadamente 70.000 ha. Esta última zona se caracteriza por un movimiento importante de suelo para la implantación del cultivo, mediante labranza convencional. Las características de los suelos son de origen aluvial y loésico, con alto porcentaje de limo (Galizzi et al. 2014), con sistema de riego por manto. La combinación de estos factores junto con altas temperaturas estivales, generan una progresiva degradación física y química del suelo (Galizzi et al. 2015) riego y fertilización. Se tomaron muestras de suelo de cada uno de los tratamientos en todos los bloques. Las propiedades estudiadas fueron densidad aparente, humedad actual, resistencia a la penetración, pH, CE, COS y C de la respiración. Se puede concluir que el sitio tiene un suelo muy degradado tanto en la parte física como en la química. Los bloques tienen valores muy bajos de COS (11 g kg<sup>-1</sup>. Nazar (2018), para esta misma zona, observó una caída de más del 60% del carbono orgánico del suelo (COS) para suelos cultivados con más de 30 años de agricultura convencional. En este sentido, otros autores (Gomez et al. 2019) observaron caídas del Carbono orgánico total del 38% en suelo de más de 30 años de agricultura en el Oeste de la provincia de Santiago del Estero. Una alternativa para mantener y/o mejorar las características tanto químicas como físicas del suelo puede ser por un cambio en la forma de manejo de los



suelos y la rotación de cultivos, mediante el empleo de una labranza reducida que implica a la siembra directa (SD) y evitando el monocultivo de algodón. En otros trabajos (González et al.2016), se observaron mejoras en el carbono en los primeros cm del suelo con la implementación de S.D y rotación de cultivos. Savino, (2021) as a consequence of soil misuse. This promoted the investigation and development of new regional management strategies to reduce the soil degradation processes observed in this area. The objective of this thesis was to analyze the response of different physic and chemical properties of a degraded Torriortentic Haplustol located in the semiarid region of Santiago del Estero, in the third and fourth year from the start of a trial with different crop rotations with cotton and a cotton monoculture under no tillage and flood irrigation. During 2015/2016 and 2016/2017 soil samples were collected from two different depths (0 to 5 cm and 5 to 20 cm) al evaluar propiedades físicas y químicas en un lote de SD y riego por manto observó mejoras en estas propiedades, luego de 4 campañas agrícolas.

Los beneficios de la introducción de la SD y rotación de cultivos lograrían una sustentabilidad del ambiente, disminuyendo la huella del carbono, además desde el punto de vista del productor incurriría en menor o nulo movimiento de suelo, y con ello menor uso de maquinaria y una mayor estabilización de los rendimientos de los cultivos en el tiempo.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de distintas secuencias de cultivos, durante 6 campañas agrícolas, sobre el comportamiento del COT % para los primeros 20 cm de suelo, en un sistema de S.D y con riego.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo se encuentra en el campo Experimental Ing. Agr. Francisco Cantos (EEA INTA Santiago del Estero, Latitud sur 28° 01' y Longitud oeste 64° 17'). El suelo corresponde a un Haplustol torriorténtico, familia franca gruesa mixta hipertérmica (Serie La María). El material originario es loess, presentando el horizonte superficial una textura franco limosa (9 % arcilla y 57% de limo (Galizzi et al., 2015). Según la clasificación de Thornthwaite y Mather, el clima corresponde al tipo DB'4da' (semiárido, con nulo o pequeño exceso de agua, mesotermal). A partir del año 2013 se incorporó el sistema de implantación de cultivos mediante la siembra directa, previa nivelación del lote, en 5 franjas de 25 m, separados cada bloque por bordos fijos. El diseño experimental del ensayo fué en bloques (franjas) completos al azar con 5 repeticiones (bloque) y 5 tratamientos que consisten en diferentes secuencias de cultivos presentados en la Tabla 1. El tamaño de parcela fue de 25 m x 20 m (500 m<sup>2</sup>). Las secuencias, incluyen a los cultivos de algodón (alg), maíz (mz), trigo (tri) y soja (soj). Los riegos al lote son por manto siendo similares en todos los tratamientos con aportes de láminas de agua de aproximadamente 100 mm. La precipitación media anual fue de 550 mm, las temperaturas medias del mes, más cálido (enero) y más frío (julio) fueron de 27,7 ° C y 13,3 ° C, respectivamente, mientras que las temperaturas máxima y mínima de 46 ° C y - 10 ° C, respectivamente.

Los muestreos de suelo fueron realizados en el mes de octubre, desde el 2014 al 2019 antes de cada siembra de los cultivos estivales, mediante muestreos compuestas a cada parcela en la profundidad de 0-20 cm. Se determinó el carbono orgánico oxidable por mezcla sulfocrómica en suelo, Walkey Black, escala semi-micro (IRAM 29572-2). También al final o madurez de los cultivos se determinó el rendimiento final, mediante evaluaciones de muestreos compuestos (4) de 4 m lineales de surco por parcela.

Los datos fueron analizados por medio de modelos lineales generales y mixtos con test de LSD de Fisher para diferencias entre medias usando el paquete estadístico Infostat 2020.



Tabla 1. Secuencias de cultivos agrícolas durante las campañas 2014-15, 2015-16, 2016-17, 2017-18, 2018-19 y 2019-20.

Secuencia	Campañas agrícolas					
	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18	2018-19	2019-20
S1	Alg	Alg	Alg	Alg	Alg	Alg
S2	Alg	Alg	Soj	Alg	Alg	Mai
S3	Soj	Alg	Alg	Mai	Soj	Alg
S4	Alg	Alg	Mai	Alg	Alg	Mai
S5	Alg-Tr	Alg-Tr	Soj-Tr	Alg-Tr	Alg-Tr	Mai-Tr

Cultivos: Alg: algodón; Soj: soja; Mai: maíz; Tr: trigo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como es de amplio conocimiento, cuando los campos entran en actividad agrícola, comienza una caída en los nutrientes en el suelo, como el carbono, nitrógeno y fósforo (García y Díaz-Zorita, 2015; Gomez et al., 2019). A medida que pasan los años está caída se acrecienta principalmente si no se toman las medidas adecuadas para mantener estos nutrientes en los niveles óptimos en el suelo. En el área de riego de Santiago del Estero la agricultura se realiza con un importante movimiento de suelo en los primeros cm del mismo, combinado con las altas temperaturas estivales, produce una degradación y rápida mineralización del C y N. Estos, luego de varios años de agricultura, presentan muy bajo contenido de materia orgánica (Galizzi et al. 2015) riego y fertilización. Se tomaron muestras de suelo de cada uno de los tratamientos en todos los bloques. Las propiedades estudiadas fueron densidad aparente, humedad actual, resistencia a la penetración, pH, CE, COS y C de la respiración. Se puede concluir que el sitio tiene un suelo muy degradado tanto en la parte física como en la química. Los bloques tienen valores muy bajos de COS (11 g kg<sup>-1</sup>). Una forma de evitar la caída de estos macronutrientes es con la introducción de la siembra directa combinada con rotación de cultivos. Dicho manejo de suelo evita el movimiento de la capa arable, mantiene cierta cobertura por los restos vegetales de los cultivos antecesores, de distinta cantidad y calidad de rastrojo según la especie utilizada.

El desarrollo del ensayo se enmarca dentro de la Red de Ensayos de Larga Duración del INTA y cuenta con varios años consecutivos de evaluación y análisis. En la tabla 2 y luego de 6 campañas agrícolas, se muestran que el COT%, para los primeros 20 cm presentaron diferencias significativas que fueron generados tanto por el tipo de secuencia de cultivo utilizada como por el tiempo en el que se mantuvo el manejo aquí evaluado.

Tabla 2: Análisis del efecto en COT%, profundidad 0-20 cm, para factores Secuencia de cultivo (S), Tiempo (T) o campaña y su interacción S x T. Valores de p- Valor < 0,05 diferencia para los factores.

Variable	Secuencia	Tiempo	Interacción S * T
	p-Valor	p-Valor	p-Valor
COT % a 0- 20 cm	0,0012**	0,0001**	0,067 NS

De esta forma, se evidencia que la incorporación de soja, maíz y/o trigo, produjeron modificación en la cantidad del COT, con respecto al monocultivo de algodón (figura 1). La secuencia que produjo menor COT luego de 6 campañas fue la del monocultivo de algodón o secuencia 1 (S1). Sin embargo, la incorporación de otro cultivo en algún año de la secuencia (S2 y S3), produjo un aumento no significativo con respecto al monocultivo. Por su parte, hubo un incremento significativo cuando la secuencia tuvo al menos 2 campañas de maíz o trigo como doble cultivo, para las secuencias S4 y S5 respectivamente. Esto último tal vez, se daría por la alta proporción de restos que dejan en el suelo las gramíneas y la intervención de distintos sistemas radicales en los primeros 20 cm de suelo, lo que resulta similar a lo observado por Muller et al., (2008) y Gomez et al., (2020)



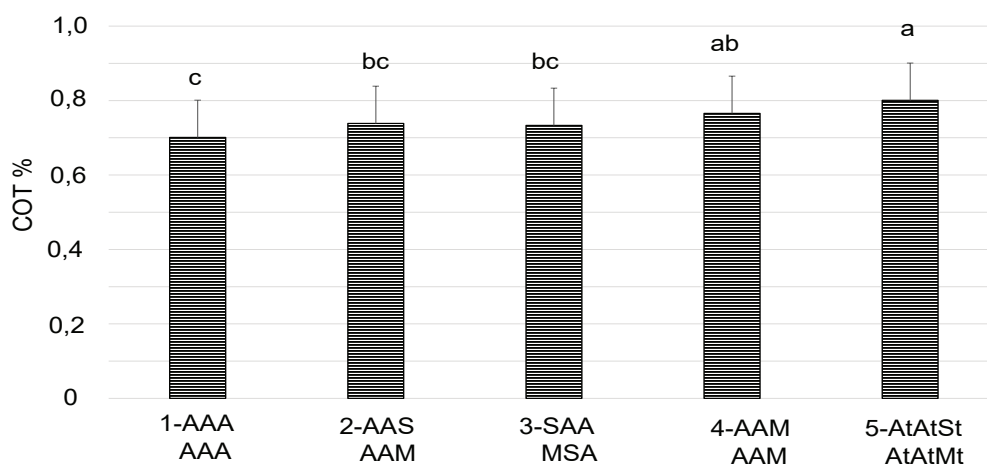


Figura 1. Promedio de COT% a 0-20 cm de profundidad para las distintas secuencias de cultivos, 1, 2, 3, 4, 5. Cultivos de A: algodón; S: soja; M: maíz; t: trigo.. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ , test de Fisher) entre cada secuencia

A medida que pasan los años, las distintas secuencias incorporan restos de cultivos, inclusive del monocultivo de algodón en superficie, y al no producirse movimiento de suelo, se traduce en una menor tasa de mineralización e incremento del COT. Esto mismo fue observado por González et al. (2016), mejorando parámetros de respiración y de COT. Es lógico que el primer año 2014-15, presenta la menor cantidad de COT%, y luego va incrementándose en sucesivas campañas, diferenciándose estadísticamente (figura 2). A partir de la campaña (2017-18) se produce una estabilización en el COT, independientemente de las secuencias implantadas. Esta falta de incremento, puede ser atribuida al menor crecimiento del vegetal y rendimiento, consecuencia de un déficit en la concentración de un macronutriente, que estaría impidiendo maximizar tanto el crecimiento como el rendimiento de los cultivos en las distintas secuencias. Hay que recordar que en este estudio ningún cultivo fue fertilizado durante el desarrollo del ensayo.

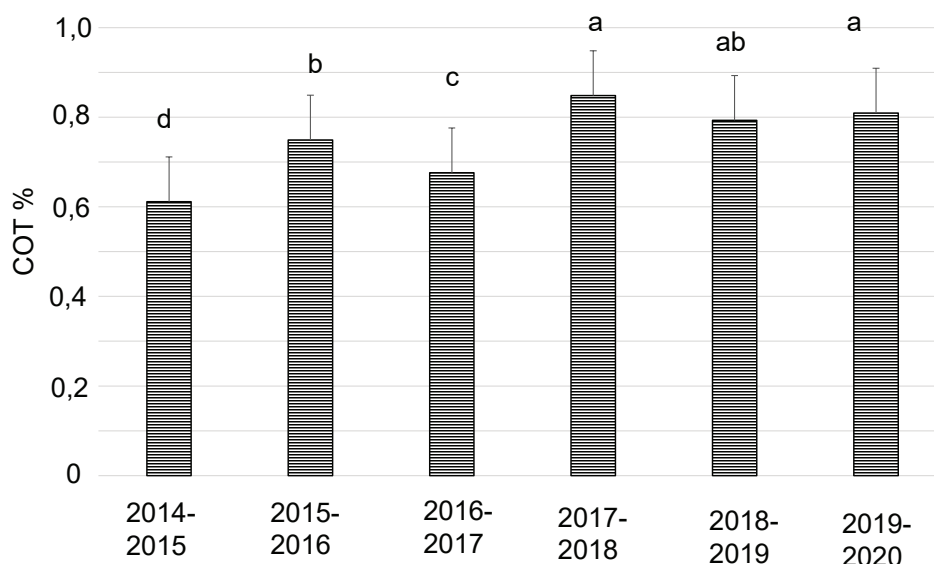


Figura 2. Promedio de COT% a 0-20 cm de profundidad para las distintas campañas agrícolas desde 2014-15 al 2019-20. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ , test de Fisher) entre cada campaña.

De esta manera, el rendimiento del algodón, a través de las sucesivas campañas, presenta un incremento hasta el 2017-18 (figura 3), posteriores a esta campaña, el rendimiento presentó una caída. Durante todas

las campañas agrícolas, el ensayo recibió entre 2 y 5 riegos en plantas (sumado al riego en presembrado), esta última cantidad para la 2017-18 donde las lluvias durante el crecimiento del cultivo fueron muy bajas (380 mm). En las campañas, 2018-19 y 2019-20 las lluvias estuvieron por arriba del promedio -788 y 646 mm- y además contaron con 3 y 2 riego en planta, respectivamente. O sea que los bajos rindes y la estabilización del COT% del suelo, no fueron causados por la falta de agua, sino que se podría atribuir a otro factor como la deficiencia de algún otro nutriente en el ensayo que causaría una reducción del rendimiento.

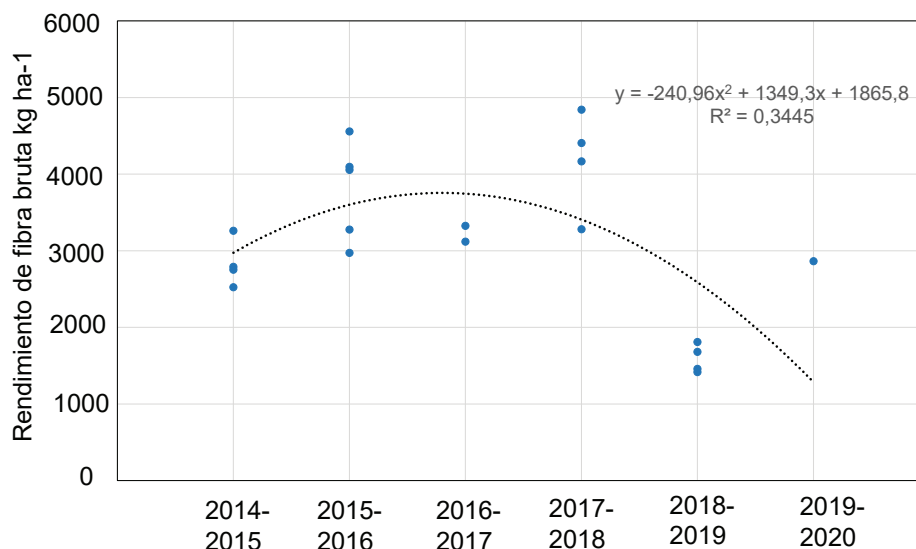


Figura 3. Rendimiento promedio de fibra bruta en kg ha-1, solo para el cultivo de algodón en las distintas secuencias agrícolas, en función de las campañas agrícolas desde 2014-15 al 2019-20.

## CONCLUSIONES

La incorporación de SD en el área de riego de Santiago del Estero, producirían mejoras en el COT% para los primeros 20 cm del suelo. Este incremento es mayor para las secuencias que incorporan algún otro cultivo, distinto al algodón en la secuencia o el doble cultivo como el trigo. Por otra parte, a medida que pasan las campañas agrícolas también se incrementa el COT%, independientemente de las secuencias y los cultivos, hasta llegar a estabilizarse en las últimas 3 campañas. El incremento del COT% en los primeros años se visualiza en los altos rendimientos del algodón registrados, para luego decaer en las últimas 2 campañas. Esto podría estar relacionado con algún otro nutriente que podría estar limitando el crecimiento y rendimiento del cultivo.

## AGRADECIMIENTO

A los proyectos de INTA, Rist 503, Ensayo de Larga Duración y PE I046 Evaluación de la dinámica de la sostenibilidad de territorios y sistemas de producción.

A los ayudantes, Ramiro Rodriguez, Juan C. Rodriguez, Marío Umbides, y Cesar Rodriguez, Oscar Herrera.

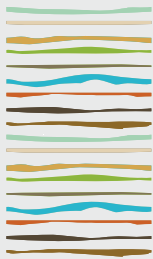
## BIBLIOGRAFÍA

- Galizzi, Fernando et al. 2015. *Condición Inicial de Un Suelo Degradado Por El Uso Agrícola Continuo En La Zona IV de Riego Del Rio Dulce (Provincia de Santiago Del Estero)*.
- García, F., and M. Díaz-Zorita. 2015. "La Fertilidad de Los Suelos y El Uso de Nutrientes En La Producción Agrícola Extensiva de Argentina." : 12. <http://dev.siia.gov.ar/>.
- Gomez, Nestor A et al. 2019. "EFECTO DEL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO EN EL OESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO, SITUACIÓN PRÍS-TINA A UNA AGRICOLA." *IV Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiaridos*.



- Gomez, Nestor, Patricio Savino, and Emilio Abel Azar. 2020. "IMPACTO DE DISTINTAS SECUENCIAS SOBRE PARAMETROS EDÁFICOS Y SU RELACIÓN CON LOS ÍNDICE DE INTENSIFICACIÓN." *XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*: 1–12.
- González, C. C., Elías Tissera, M. J. y Galizzi, F. A. 2016. "MINERALIZACION DEL CARBONO ORGANICO EN SUELOS CON ROTACIONES Y SIEMBRA DIRECTA EN SANTIAGO DEL ESTERO." *XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Río Cuarto. Córdoba. Comisión 2. Biología del suelo*: 1.
- Muller, D.G., Saluzzio M.F., and J:J De Battista. 2008. "Comparación de Distintos Cultivos de Cobertura En Un Suelo Vertisol." *XXI Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.*: 1–12.
- Nazar, Pablo. 2018. 2018 "Degradacion de Un Suelo Molisol En La Zona de Riego Del Proyecto Río Dulce . Su Caracterización y Recuperación Mediante La Aplicación de Una Práctica Conservacionista ."
- Savino, Patricio. 2021. EPG "Alternancia de Cultivos En La Producción de Algodón: Su Efecto Sobre Propiedades Físicas y Químicas de Un Haplustol Bajo Riego Del Semiárido En Santiago Del Estero."
- Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Pesca. 2022. "Revista Para El Sector Algodonero." *Enero 2022* 1: 37. <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/algodon/informes/>.





## SOIL C STABILIZATION MECHANISMS IN CROP PASTURES ROTATION SYSTEMS

González Sosa, M.<sup>1\*</sup>, C.A. Sierra<sup>2</sup>, A. Quincke<sup>3</sup>, W.E. Baethgen<sup>4</sup>, S. Trumbore<sup>2</sup>, M.V. Pravia<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Av. Garzón 780, Montevideo, 12900, Uruguay. Email: [mgonzalez@fagro.edu.uy](mailto:mgonzalez@fagro.edu.uy)

<sup>2</sup> Max Planck Institute for Biogeochemistry, Jena, Germany

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA-Uruguay, La Estanzuela, Colonia, Uruguay

<sup>4</sup> International Research Institute for Climate and Society, The Earth Institute, Columbia Univ., New York, USA.

<sup>5</sup> INIA-Uruguay, Treinta y Tres, 33000, Uruguay. Email: [vpravia@inia.org.uy](mailto:vpravia@inia.org.uy)

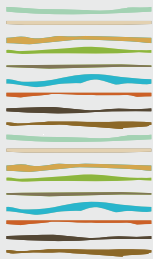
### ABSTRACT

Land use and management changes can significantly affect soil organic carbon (SOC) content in agroecosystems. Particularly, the integration of perennial pastures in rotation with grain crops has shown greater SOC stocks, constituting a possible sustainable intensification strategy. Understanding the biogeochemical processes behind their high productivity and relatively low environmental impacts is essential to design management strategies enhancing its overarching mechanisms. The main objective was to disentangle differences in the SOC balance components between continuous grain cropping and crop-pasture rotational systems by combining the application of soil carbon isotope analyses, physical fractionation and compartmental models on a long-term experiment installed in 1963 in the southwest of Uruguay (34 ° 20 'S, 57 ° 41' W) to evaluate an agricultural intensity gradient. We focused on two contrasting crop rotation treatments maximizing the differences in soil organic carbon (SOC) stocks. The treatments evaluated are: i) continuous cropping with fertilizer application and ii) a crop-pasture rotation system with 50% agricultural phase and 50% pasture phase. A stratified soil sampling was carried out in 2021 on top and subsurface soil horizons up to 80 cm of depth of the plots corresponding to these treatments. Archived samples corresponding to 2008 were also used to include a dynamical approach. Soil organic carbon density fractionation and sieving fractionation were performed, obtaining the fLF (free light fraction), oLF (occluded light fraction), HF (heavy fraction) and POM (particulate organic matter) and MOAM (mineral associated organic matter), respectively. Total organic and inorganic C, N,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{14}\text{C}$  were measured in each fraction and in bulk soil. Incubations of bulk soil samples were also carried out, determining the isotopic signatures ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{14}\text{C}$ ) of the  $\text{CO}_2$  efflux, to establish the relative contribution of the SOC fractions to this flow. The first results show that C dynamics of deep soil layers occurs on a decadal scale. The incorporation rate of new C in deep soil layers is high enough to generate significant differences in the  $\delta^{13}\text{C}$  signature of the  $\text{CO}_2$  efflux between treatments that are characterized by different  $\delta^{13}\text{C}$  inputs. On the other hand, the  $\Delta^{14}\text{C}$  signature of the  $\text{CO}_2$  efflux of the surface horizons shows a greater incorporation of bomb radiocarbon in the crop-pasture rotation system. The continuous cropping system is more depleted in  $^{14}\text{C}$ , indicating either lower input rates and/or a higher contribution of stable fractions to respiration. In any case, in both systems a mixture of fractions of different ages contributing to respiration is observed, with the presence of pre-bomb radiocarbon, even in topsoil horizons. These first results confirm the ability of perennial grasses in crop-pasture rotation systems to transfer C to deep soil layers, contributing to soil carbon sequestration. The following steps of this research will explore the implications of these processes in stabilization dynamics and effects on the transit time of C in the system.

**Keywords:** Isotope techniques, Soil C dynamics, Crop-pasture rotations.







## EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS EDAFICAS COMO BASE PARA ELABORAR UN DISEÑO AGROECOLÓGICO EN EL NOROESTE DE CORRIENTES

Grancic, C.E.<sup>1,2\*</sup>; M. Talabera<sup>1</sup>; A. Mc Cargo<sup>1</sup>, G. Pereyra<sup>2</sup>; P. Polentarrutti<sup>2</sup>; T.S. Rey Montoya<sup>1,2</sup>; F.A. Paredes<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> INTA EEA Corrientes - Estación Experimental Agropecuaria Corrientes. Ruta 12 Km 1008. El Sombrero - Corrientes;

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Nordeste.

Sargento Cabral 2131. Corrientes CP:3400

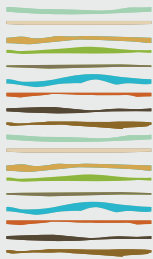
\*Autor de contacto: carlagrancic@gmail.com

### RESUMEN

La Provincia de Corrientes presenta condiciones agroambientales favorables para la realización de numerosos cultivos. Los inviernos cortos, leves y con pocas precipitaciones y los veranos, con elevadas temperaturas y evapotranspiración, condicionan marcadamente las especies a cultivar en producciones intensivas familiares. La promoción de agroecosistemas y paisajes diversificados es una estrategia clave a la hora de avanzar en el diseño de sistemas basados en los principios de agroecología. La idea central es transformar la estructura y función de los agroecosistemas para optimizar los servicios ecológicos que brinda la biodiversidad. El objetivo de estudio fue evaluar la resistencia mecánica y el contenido de materia seca en superficie (MS) de un suelo Argiudol ácuico con historia de manejo ganadero para su transición a un manejo agrícola de base agroecológico. Se trabajó con un suelo Argiudol ácuico de la serie Treviño. Se empleó un diseño en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron cultivos estivales (Maíz, Mandioca y Caupí). Cada tratamiento se asignó al azar en parcelas principales 240 m<sup>2</sup> y los bloques correspondieron a estratos divididos según curvas de nivel, obteniendo así tres niveles (alto (A), medio (M) y bajo (B)). Previo a la implantación de los cultivos y sobre rastrojo de cultivo de avena (cobertura de invierno) se determinó resistencia mecánica (RM) a la penetración con un penetrómetro de impacto de punta cónica de 60° con un vástago de 50 cm donde se desplaza una pesa de 2 kg. Se hicieron mediciones por parcela para los intervalos 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. Simultáneamente se tomaron muestras con barreno circular para la determinación de humedad y se recolectó el material vegetal en superficie. Las muestras de suelo se secaron a 105°C y las muestras vegetales a 60°C. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza y prueba de comparaciones de medias LSD Fisher utilizando software Infostat. Para la variable MS se registraron diferencias significativas en bloques, donde B (6333,25 kg de MS ha<sup>-1</sup>) fue mayor que M y A que no se diferenciaron estadísticamente entre sí (4860,33 y 4301,25 (±403,69)) kg de MS ha<sup>-1</sup>) respectivamente. En cuanto a la RM, la misma se analizó para cada una de las profundidades donde se observó diferencia significativa en bloques solo para la primera profundidad, donde B presenta la menor RM (0,56 MPa), diferenciándose de M y A que presentaron mayores valores (0,82 y 0,90 (±0,07) MPa) respectivamente. Con respecto a la variable humedad gravimétrica se hallaron diferencias significativas solo para la profundidad de 0-10 cm, aquí también las diferencias se dieron a nivel de bloque donde la mayor humedad se encontró en B (14,54 %), seguido de M y A (10,53 y 9,60(±0,42)). Estos resultados preliminares en el planteamiento agroecológico indican que es acertado el bloqueo a nivel de estratos para luego evaluar los tratamientos con los diferentes cultivos y rotaciones programadas y dan idea de la condición física al inicio del planteo.

**Palabras clave:** agroecología, cultivos de cobertura, resistencia mecánica.





## **EFFECTO DE 45 AÑOS DE SECUENCIAS DE CULTIVOS SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS DEL SUELO**

Gudelj, O.E.<sup>1</sup>, M.B. Conde<sup>1</sup>, J. Ortiz<sup>1</sup>, V.S. Faggioli<sup>1</sup>, C.A. Lorenzon<sup>1</sup>, L.A. Pereyra<sup>1</sup>, V.J. Gudelj<sup>1</sup>

<sup>1</sup> EEA INTA Marcos Juárez;

Ruta Provincial 12, km 3, (2580) Marcos Juárez, Prov. de Córdoba. Argentina, [gudelj.olga@inta.gob.ar](mailto:gudelj.olga@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes secuencias de cultivos sobre propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a los 45 años de continuidad de las mismas. Se analizó un experimento iniciado en 1975 (suelo Argiudol **típico**), con 11 secuencias de cultivos distribuidas según un diseño en bloques completos aleatorizados y dos repeticiones: soja-soja (S-S), maíz-maíz (M-M), Sorgo-Sorgo (So-So), girasol-girasol (G-G), trigo-trigo (T-T), girasol-soja (G-S), soja-sorgo (S-So), trigo/soja (T/S), soja-maíz (S-M), trigo/soja-soja (T/S-S) y maíz-trigo/soja (M-T/S). Se estudió también un suelo de referencia (SR). Los cultivos se realizaron desde el inicio del ensayo empleando labranzas, y en siembra directa (SD) sólo para soja de segunda. En 1986 se incorpora el cultivo de girasol y a partir del ciclo 1992/93 todos los cultivos se hacen en SD y se introduce el subfactor fertilidad. Los muestreos (0-10cm) se realizaron en la estación estival de 2020 en la parte fertilizada, con excepción de MT/S, que se hicieron también en la parte no fertilizada. Las variables medidas fueron: estabilidad de agregados (EA) (De Leenheer- De Boodt), materia orgánica total (MOT), pH, conductividad eléctrica (CE) y glomalinas. El SR presentó la mejor condición diferenciándose de las demás secuencias en casi todas las propiedades estudiadas. Los tratamientos SoSo, MT/S y T/S fueron los que más se acidificaron. La peor condición de EA se observó en los monocultivos de soja y sorgo y también SSo y SM. En general los tratamientos con trigo en su secuencia tuvieron buena EA. La MOT no alcanzó a mostrar diferencias claras entre secuencias. En esta oportunidad no se observaron correlaciones entre las variables analizadas. Los mejores resultados obtenidos en GG ponen de manifiesto el efecto sobre el suelo de la extracción por parte de los granos, dado que en este tratamiento la cosecha se realizó por muestreo quedando el 94% en la parcela. El factor fertilización medido en el tratamiento MT/S sólo mostró efecto sobre el pH.

**Palabras clave:** ensayo de larga duración, secuencias de cultivos, propiedades edáficas.

### **INTRODUCCIÓN**

En relación a la sustentabilidad del recurso suelo en la pampa húmeda Argentina existe un amplio consenso entre los investigadores acerca de la importancia de la realización de siembra directa (SD) con secuencias que integren la mayor cantidad de cultivos y una fertilización balanceada, en contraposición a planteos de monocultivos. Lattanzi (1989), informó que en dicha región las secuencias maíz-soja y trigo/soja-maíz son las más indicadas para la producción de un cultivo anual y de tres cultivos cada dos años respectivamente, siendo la conservación del suelo favorecida por una mayor cobertura y aportes de residuos al suelo, derivados de los cultivos de maíz y trigo. Novelli *et al.* (2011) informaron que una alta frecuencia de cultivo de soja puede afectar el almacenamiento de carbono orgánico del suelo en un Mollisol. Según Mémoli (2011), aumentar la proporción de gramíneas en el esquema de rotación conlleva a aumentar el aporte de carbono, con lo cual se mejoran los niveles de materia orgánica del suelo (MOS). Echeverría *et al.* (2012) observaron vinculación entre la estabilidad de agregados (EA) y el periodo de ocupación de los cultivos. Castiglioni *et al.* (2013) evaluaron tres diferentes suelos de la región pampeana bajo SD con preponderancia de soja en la secuencia de cultivos respecto de aquellos donde la secuencia de cultivos fue más equilibrada en cuanto a gra-



míneas y leguminosas. Estos autores concluyeron que el incremento en la proporción del cultivo de soja en la secuencia agrícola tiene efectos perjudiciales sobre las propiedades físicas del suelo, e informaron que en el suelo de Bengolea la EA fue un buen parámetro para distinguir entre las secuencias de cultivos estudiadas.

La glomalina es una glicoproteína producida en las hifas de hongos micorrízicos arbusculares (AMF) (Wright *et al.*, 1996). Esta proteína es muy estable en el suelo y puede representar en el largo plazo almacenamiento de C y N en la MOS (Reyna & Wall, 2013), por lo que actúa como un cementante de partículas de suelo y su concentración se asocia a la EA. Grümberg *et al.* (2010) hallaron correlación positiva y significativa entre este bioindicador y el contenido de C total, N total y S inorgánico en el suelo y también encontraron correlación positiva y significativa entre el contenido de glomalinas y el rendimiento del cultivo de maíz.

Martinez *et al.* (2013), consideraron que dado el efecto benéfico de prácticas de manejo que incrementan el aporte de residuos, la influencia positiva de estos sobre el contenido de CO<sub>2</sub> y su relación con la calidad del suelo, resulta de interés el estudio de los indicadores de calidad física evaluados a más largo plazo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes secuencias de cultivos sobre propiedades física, químicas y biológicas del suelo, al cabo de 45 años de continuidad de las mismas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo estudiado es un Argiudol típico, Serie Marcos Juárez. El mismo es oscuro, profundo y bien drenado de lomas casi planas, desarrollado sobre un sedimento loésico de textura franco limosa. El clima es templado húmedo, con una temperatura media anual de 16.9 °C y una precipitación media anual de 894 mm anuales, concentrada en los meses estivales (INTA, 1978). El ensayo analizado se inició en la Estación Experimental del INTA Marcos Juárez (32° 71' Lat S; 62° 10' Long. W) en 1975 para evaluar el efecto sobre las propiedades del suelo de distintas secuencias de cultivos y sistemas de labranzas: reducida (LR), convencional (LC) y siembra directa (SD), ésta última sólo en soja de segunda. En 1983, se unificó el sistema de labranza, todos los cultivos comenzaron a implantarse con LR salvo la soja de segunda que continuó en SD. En 1986/87 se incorporó el cultivo de girasol en las rotaciones y a partir del ciclo 1992/93 se comienza a hacer SD en todos los cultivos y se plantea el factor fertilidad como subfactor. El diseño del ensayo de larga duración es en bloques completos aleatorizados con 11 secuencias de cultivo, que se plasman en 16 tratamientos para que todos los años estén todos los cultivos, y dos repeticiones. Cada parcela de 90 m de largo por 14.5 m de ancho, está dividida en dos subparcelas de las cuales una recibe una dosis de fertilización a la siembra de cada cultivo. Vale aclarar que, dado que no se contaba con la cosechadora específica, y que se producían pérdidas por ataque de los pájaros, el cultivo de girasol era cosechado por muestreo (10 m x 2 surcos x 3 sitios x nivel de fertilización), luego se desgranaba en forma manual y se pesaba. Lo que quedaba en la parcela se picaba con hélice. El muestreo de suelo se realizó al azar en la época estival de 2020 en la parte fertilizada de las secuencias: soja-soja (S-S), maíz-maíz (M-M), sorgo-sorgo (So-So), girasol-girasol (G-G), trigo-trigo (T-T), girasol-soja (G-S), soja-sorgo (S-So), trigo/soja (T/S), soja-maíz (S-M), trigo/soja-soja (T/S-S) y maíz-trigo/soja (M-T/S); en esta última secuencia también se extrajeron muestras de la parte no fertilizada de la unidad experimental. Las variables analizadas fueron: EA, materia orgánica total (MOT), pH, conductividad eléctrica (CE) y glomalinas. Para medir EA se tomaron tres muestras por unidad experimental con un espesor de 10 cm del horizonte A. El material se desmenuzó cuidadosamente a mano y se secó al aire en laboratorio. Se utilizó la metodología de cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) propuesta por De Boodt-De Leenheer (1958), la que contempla agregados entre 8 y 2 mm de diámetro. Para obtener el índice de estabilidad relativo (IER) se relacionó el suelo estudiado con un suelo de la misma serie de más de 50 años con cobertura permanente de gramíneas sometidas a cortes periódicos, situación que se nombró como suelo de referencia (SR). Para el mismo espesor se tomaron muestras compuestas de quince sub-muestras por unidad experimental, para determinación de: MOT por el método de Walkley Black (1934), pH del suelo medido a una relación suelo agua 1:2,5 (IRAM 29410, 1999), CE por conductímetro en solución suelo-agua 1:2,5 y proteínas fácilmente extraíbles reactivas a Bradford, comúnmente denominadas "glomalinas" (Wright & Upadhyaya, 1999). Las variables se analizaron con modelos lineales mixtos, teniendo en cuenta los tratamientos como efectos fijos y a los bloques como aleatorios. Se compararon las medias con test de comparaciones múltiples Lsd de Fisher al 5%. Se hizo un análisis de componentes principales (ACP) con las variables de estudio. Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores medios de CDMP, IER, MOT, pH, CE y Glomalinas, obtenidos en los distintos tratamientos estudiados y en el suelo de referencia.

Tabla 1: Valores medios de las variables físico-químicas y biológicas (0-10 cm) medidas luego de 45 años continuidad de diferentes secuencias de cultivos y en suelo de referencia.

Tratamiento	CDMP (mm)	IER (%)	MOT (%)	pH	CE (mS/cm)	Glomalinas ( $\mu\text{g prot g}^{-1}$ )
SSo	1,10 a	20	3,48 bc	5,25 bc	0,18 d	270,42 c
SS	0,97 ab	23	3,33 bc	5,30 bc	0,19 cd	328,96 c
SM	0,90 bc	24	3,46 bc	5,28 bc	0,18 d	543,85 b
SoSo	0,86 bcd	26	3,44 bc	5,05 c	0,17 d	182,81 c
MM	0,78 cde	28	3,79 bc	5,20 bc	0,21 bcd	189,50 c
T/SS	0,76 de	29	3,64 bc	5,38 b	0,19 cd	212,56 c
GS	0,75 de	29	3,33 c	5,85 a	0,22 bc	192,84 c
TT	0,66 ef	33	3,62 bc	5,30 bc	0,22 bc	185,49 c
MT/S	0,65 ef	34	3,71 bc	5,05 c	0,19 cd	326,47 c
T/S	0,58 fg	38	3,82 b	5,00 c	0,19 cd	218,92 c
GG	0,50 g	44	3,80 b	6,10 a	0,24 b	631,93 b
SR	0,22 h	100	4,81 a	5,90 a	0,30 a	840,26 a

Letras diferentes dentro de una misma columna indica diferencias estadísticas significativas (LSD,  $p$ -valor  $\leq 0.0001$ ). CDMP: cambio en el diámetro medio ponderado. IER: índice de estabilidad relativo. MOT: materia orgánica total. pH: potencial hidrogeno. CE: conductividad eléctrica. Glomalinas: compuestos proteicos reactivos a Bradford. SR (suelo de referencia), SS (soja-soja), MM (maíz-maíz), So-So (Sorgo-Sorgo), GG (girasol-girasol), TT (trigo-trigo), GS (girasol-soja), SSo (soja-sorgo), T/S (trigo/soja), SM (soja-maíz), T/S-S (trigo/soja-soja) y M-T/S (maíz-trigo/soja).

El SR expresó la mejor condición físico-química biológica del suelo y se diferenció estadísticamente de los tratamientos analizados en todas las variables estudiadas, con excepción del pH, que fue similar a GG. Las secuencias TT, MT/S, T/S y GG tendieron a tener mejor EA, aunque no alcanzaron a diferenciarse entre sí estadísticamente, excepto GG que presentó el mejor valor de EA diferenciándose de todos los tratamientos salvo de T/S. Todas las secuencias se correspondieron con valores de MOT similares entre sí, aunque en GG y T/S los valores de MOT tendieron a ser más altos (3,8 % en promedio) diferenciándose de GS con un valor más bajo (3,3 %). También se puede apreciar que GG y T/S expresaron una muy buena EA, alcanzando un IER de 44 y 38%, respectivamente, y diferente de GS donde se midió un IER del 29%, es decir una EA no satisfactoria. Aparicio y Costa (2007) determinaron que el CDMP fue el único parámetro físico relacionado al número de años bajo cultivos continuos y estimaron para un suelo Argiudol típico del sudoeste de la provincia de Buenos Aires valores de 45% de estabilidad estructural en parcelas con rotación de cultivos y SD.

La concentración promedio más alta de glomalinas halladas en el presente estudio correspondió al SR (840,26  $\mu\text{g prot g de suelo}^{-1}$ ), situación que se diferenció estadísticamente de las secuencias de cultivos analizadas. Sólo en las secuencias GG y SM se hallaron valores de glomalinas cercanos al SR, las cuales se diferenciaron de las otras situaciones evaluadas, en las que se midió en promedio 234,22  $\mu\text{g prot. g de suelo}^{-1}$ . La mayor concentración de glomalinas hallada en la secuencia SM no se expresó en mejor EA del suelo.

En general se apreció acidificación del suelo en casi todas las secuencias, con excepción de GG y GS donde se obtuvieron los valores más altos de pH, similar al obtenido en el SR. En tanto que los valores más bajos de



pH se midieron SoSo, MT/S y T/S (valor promedio 5,0). Procesos de acidificación de los suelos de la región pampeana debido a la producción agrícola continua fueron reportados por varios autores (Gudelj, et al., 2010; Vazquez, 2012; Machetti, et al., 2016). Es preciso remarcar que el tratamiento GG se vio beneficiado dado que como se especificó anteriormente se cosechaba por muestreo y todos los residuos quedaban en el terreno. Si bien se apreciaron diferencias estadísticas significativas entre algunas secuencias, en todos los casos los valores de CE estuvieron por debajo del valor considerado crítico para el suelo analizado.

Para evaluar exploratoriamente la contribución de las variables medidas en la variación de los resultados obtenidos en las distintas secuencias de cultivos se realizó un análisis de componentes principales (Figura 1). Los ejes explicaron 78% de la variabilidad total (CP1 51% y CP2 27%). Se observó que los mayores valores de MOT se asociaron con las rotaciones TS, MT/S, MM, T/SS y TT. Las glomalinas, pH y CE, se asociaron más a los tratamientos GS y GG. Finalmente, el CDMP se asoció con los tratamientos SS, SM y SSo, indicando una EA más débil en los mismos respecto de las demás secuencias.

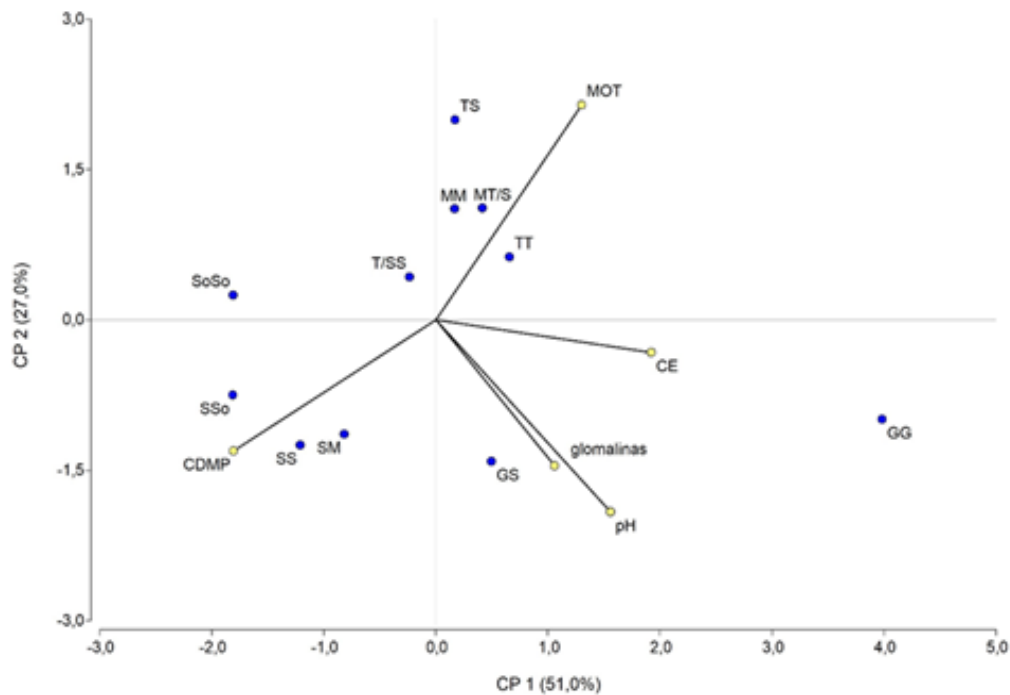


Figura 1: Análisis de componentes principales de las variables CDMP, MOT, pH, CE y glomalinas, y las secuencias. CDMP: cambio en el diámetro medio ponderado, MOT: materia orgánica total, pH: potencial hidrogeno, CE: conductividad eléctrica, glomalinas: compuestos proteicos reactivos a Bradford; y las secuencias: SS (soja-soja), MM (maíz-maíz), So-So (Sorgo-Sorgo), GG (girasol-girasol), TT (trigo-trigo), GS (girasol-soja), SSo (soja-sorgo), T/S (trigo/soja), SM (soja-maíz), T/S-S (trigo/soja-soja) y M-T/S (maíz-trigo/soja).

El factor fertilización analizado en la secuencia M-T/S, sólo marcó efecto sobre el pH. Los valores obtenidos fueron 5,45 para M-T/S no fertilizado y 5,05 para la misma secuencia fertilizada, diferenciándose estadísticamente entre sí (Lsd de Fisher,  $\alpha = 0,05$ ). Martinez et al (2020) reportaron que la EA medida en 0-10 cm a través del CDPM en suelo Argiudol típico no registró diferencias significativas por efecto de la fertilización de soja con P y S, inclusión de CC o rotación de alto índice de intensificación de las secuencias de cultivos (ISI) fertilizada con N, P y S: maíz - trigo/soja 2° - CC/soja, y lo atribuyeron al corto periodo (4 años) de desarrollo de las secuencias. Sin embargo, Gudelj et al. (2010), al evaluar distintos tratamientos de fertilización en la secuencia maíz-trigo/soja encontraron una relación directa entre la acidez del suelo y la EA. A medida que aumentó la fertilización, aumentó la acidez y disminuyó la EA.

## CONCLUSIONES

El SR presentó la mejor condición y se diferenció de todas las secuencias evaluadas para casi todas las propiedades estudiadas. Los tratamientos SoSo, MT/S y T/S fueron los que más se acidificaron. La peor





condición de EA se observó en los monocultivos de soja y sorgo y también en las secuencias SSo y SM. En general los tratamientos con trigo en su secuencia tuvieron buena EA. La MOT no alcanzó a mostrar diferencias claras entre secuencias. En esta oportunidad no se observaron correlaciones entre las variables analizadas. Los mejores resultados obtenidos en la secuencia GG ponen de manifiesto el efecto sobre el suelo de la extracción por parte de los granos, dado que en este tratamiento la cosecha se realizaba por muestreo quedando el 94% en la parcela, lo cual se picaba antes de la implantación del siguiente cultivo. El factor fertilización medido en el tratamiento MT/S sólo mostró efecto sobre el pH

## BIBLIOGRAFIA

- Aparicio, V & JL Costa. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. *Soil & Tillage Research* 96, 155-165.
- Castiglioni, MG; F Behrens Kraemer & HJM Morrás. 2013. Efecto de la secuencia de cultivos bajo siembra directa sobre la calidad de algunos suelos de la Región Pampeana. *Ciencia del Suelo*, Vol. 31 N°1. 93-105.
- De Leenheer, L & M De Boodt. 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Inter Sysmp. On soil structure*. Medeligen. Rykskandbouwhogesechool, Gent. Belgie, 24: 290-300.
- DI Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Echeverría, N; S Querejazú; M De Lucia; J Silenzi; H Forjan & M Manso. 2012.
- Estabilidad y carbono orgánico de agregados bajo rotaciones en siembra directa. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Argentina.
- Gudelj, VJ; H Ghio; O Gudelj; C Galarza; G Spoturno; P Vallone; B Masiero; M Boll & F García. 2010. Efecto de reposición de nutrientes sobre el rendimiento, y algunas propiedades del suelo. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Argentina.
- Grümbert, B; C Conforto; A Rovea; M Boxler; G March; C Luna; J Meriles & S Vargas Gil. 2010. La glomalina y su relación con la productividad del cultivo de maíz. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. N° 47. Pp. 23-26.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1978. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-17. Marcos Juárez. Pp. 29-30.
- IRAM. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 1999. Norma 29 410. Determinación del pH.
- Lattanzi, AR. 1989. Secuencias de cultivos y sistemas de labranzas conservacionistas para la producción de soja. IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja. Actas. 5-9 de marzo. Buenos Aires. Argentina. Tomo IV. Editor AJ Pascale. 2010-2015.
- Lattanzi, A; J Arce; HJ Marelli; C Lorenzon & T Baigorria. 2005. Efecto de largo plazo de la siembra directa y de rotaciones de cultivos sobre los rendimientos, el carbono y nitrógeno orgánico en un suelo Argiudol **típico en Marcos Juárez**. XIII Congreso de Aapresid. El futuro y los cambios de paradigma. Pp. 61-67.
- Machetti, N; S Ribadulla; P Gelati; N Zacarias; D Benardi; A Diaz Gorostegui; M Clausi; D Cosentino & M Vázquez. 2016. Efecto del encajado sobre propiedades físicas y químicas en un Hapludol Thaptoárgico de región pampeana. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rio Cuarto. Argentina. Pp. 78.
- Martinez, JP; C Crespo; MT Cuervo; HR Sainz Rozas; HE Echeverría; F Martinez; G Cordon & PA Barbieri. 2020. Secuencias de cultivos con predominio de soja: efecto sobre indicadores de calidad física del suelo. *Cienc. Suelo (Argentina)* 38(2): 224-235.
- Mémoli, J & M Toribio. 2011. Rotación de cultivos. Camino a la sustentabilidad. Profertil. Departamento de Investigación y Desarrollo. Número 19. 1-11.
- Novelli, LE; OP Caviglia & RJM Melchiori. 2011. Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma*: 167-168: 254-260.
- Reyna, DL & LG Wall. 2014. Revision of two colorimetric methods to quantify glomalin- related compounds in soils subjected to different managements. *Biol Fertil Soils* (2014) 50:395-400.
- Vázquez, M; A Terminiello; A Casciani; G Millán; D Cánova; P Gelati; F Guilino; A Dorrnzoro; Z Nicora; L Lamarche & M García. 2012. Respuesta de la soja (glicine max l. merr) a enmiendas básicas en suelos de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. *Ci. Suelo (Argentina)* - 30(1): 43-55.
- Walkley Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proponed modification of the

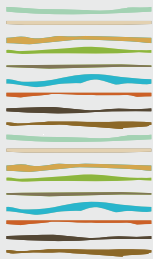


chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.

Wright, SF & A Upadhyaya. 1999. Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. *Mycorrhiza* 8(5): 283–285.







## QUE DEBEMOS SABER CUANDO EVALUAMOS SUELOS SALINOS?

Heredia, Olga S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía de la UBA; Av. San Martín 4453. CABA. heredia@agro.uba.ar

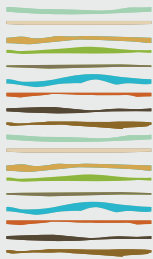
### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es dar pautas de interpretación de las propiedades que definen los suelos salinos. Por definición los suelos salinos son aquellos que tienen sales más solubles que el yeso, y por qué?, porque tanto los carbonatos de Ca y el yeso son sales con calcio de muy baja solubilidad y no son tóxicas para las plantas, las sales solubles (sales de sodio y potasio) son las que impactan la producción por toxicidad y reducción del agua disponible. También se las define desde el punto analítico con la conductividad eléctrica (CE) y ahí surgen distintos valores en la bibliografía para definir un suelo salino. Hay que tener precaución donde y como se mide esta conductividad: en la pasta, en el extracto, en un extracto 1:1, 1:2,5, 1:5?, esto debemos saberlo ya que no pueden interpretarse los resultados de igual manera, la relación de dilución no es lineal o sea la CE 1:5 no es la quinta parte de la 1:1, por ejemplo depende del tipo de textura de los suelos así que estos valores deberían ser determinados de manera local. A modo de ejemplo, un suelo de baja CE <2 dS/m, en un suelo arenoso y un extracto 1:5 tendría una CE de 0.17, mientras que en un arcilloso de 0.40 dS/m y un suelo de moderadamente alta salinidad (>8 dS/m) en una dilución 1: para el suelo arenoso sería de 0.67 y 1.60 para un arcilloso respectivamente.

El pH es un parámetro que en general se tiene en cuenta para definir estos suelos y se dice que debe ser superior a 8,2, sin embargo, el pH de los suelos salinos puede variar entre 4 a >9, o sea el pH no sería un indicador **óptimo** para definirlos. Y esto porque sucede?, el pH en los suelos salinos queda definido por los aniones dominantes presentes en la solución del suelo, donde dominan los cloruros por ej. Los pH son los cercanos a la neutralidad, cuando son sulfatos son **ácidos** a neutros y los que contienen carbonatos y bicarbonatos son alcalinos. Esto determina distintas facies químicas de los suelos salinos: clorurada ácida, cloruro-sulfatada neutra, sulfatada neutra, sulfatada ácida, bicarbonato-sulfatada alcalina y carbonatada básica. En el proyecto UBACyT 20020170100396BA estamos estudiando de manera avanzada estos temas. Se sugiere que en los suelos salinos se incorporen datos extra a la CE del suelo para conocer sus características físico-químicas y poder plantearnos mejores técnicas de mejoramiento de los mismos, así como interpretar de manera adecuada los valores de CE.

**Palabras clave:** suelos salinos, aniones





## COMPOSICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO POTENCIALMENTE EMITIDO POR SUELOS CULTIVADOS: UN ESTUDIO DE 20 AÑOS

Iturri<sup>1,2,\*</sup>, L.A., R. Funk<sup>3</sup>, M. Leue<sup>3</sup>, M. Sommer<sup>3</sup>, D.E. Buschiazzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP, CONICET-UNLPam), Santa Rosa, Argentina;

<sup>2</sup> Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Santa Rosa, Argentina;

<sup>3</sup> Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), WG Landscape Pedology, 15374, Müncheberg, Alemania.

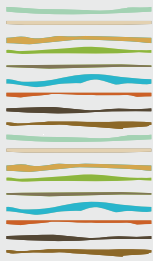
\*Mendoza 109 (6300) Santa Rosa, La Pampa, [antonelaiturri@conicet.gov.ar](mailto:antonelaiturri@conicet.gov.ar)

### RESUMEN

La composición del material particulado (PM) está condicionada por el tamaño, la densidad y la disposición de los componentes minerales y orgánicos del suelo. Poco se conoce acerca de cómo la composición del PM puede modificarse a lo largo del tiempo, debido a los cambios que ocurren en el suelo. Por ello, tres suelos agrícolas, uno arenoso (S) y dos franco-arenosos (SL1 y SL2), de la Pampa semiárida, fueron muestreados en 1996, 2005 y 2016. Su PM fue separado por un método de laboratorio basado en la adsorción electrostática. Los resultados mostraron que la composición del PM no se vio mayormente afectada por los cambios en el suelo. Estos últimos incluyeron disminuciones de las concentraciones de arcilla y C orgánico del suelo, y aumentos de limo debido, probablemente, a su incorporación con la labranza más profunda de las capas superiores del suelo, cuyo espesor se habría reducido gradualmente por acción del viento. Esto cuestionó la validez de las tasas de enriquecimiento (ER), es decir, del cociente que expresa la concentración de una especie en el PM respecto de su concentración en el suelo de origen, el cual frecuentemente es usado para interpretar las pérdidas de ciertas especies en el PM. Para el caso de los suelos estudiados, los ER reflejaron mejor los cambios ocurridos en el suelo que en el PM. Se encontró una acumulación preferencial de limo fino en el PM, permaneciendo su concentración invariable a lo largo del tiempo mientras éste estuvo suficientemente disponible en el suelo. La ausencia de modificaciones de la distribución granulométrica del PM de S y SL2 a lo largo del tiempo, se atribuyó a la recarga por acción de la labranza, de partículas minerales de tamaño limo, desde sus subsuelos granulométricamente homogéneos, lo que contribuyó a mantener su concentración en el PM. La reducción de la concentración de limo en el PM de SL1 coincidió con la limitada disponibilidad de limo fino como para acumularse en el PM en dicho suelo, lo que concuerda con la textura más gruesa de su subsuelo. La concentración de C en el PM se mantuvo prácticamente invariable en el tiempo. Esto podría estar relacionado con la mayor o menor abundancia de sustancias orgánicas poco densas que se acumulan en el PM, tales como restos de plantas (identificados por grupos alifáticos C-H), y de la biomasa microbiana (C-O-C de polisacáridos, carbohidratos y derivados), las cuales varían su proporción en el corto plazo debido, principalmente, al manejo. La disminución de los grupos C-H y C-O-C de la materia orgánica escasamente descompuesta, concuerda con el menor aporte de residuos y las condiciones más oxidativas desde 1996 a 2016. El enriquecimiento de PM en sustancias minerales más que en orgánicas, y dentro de estas últimas, en grupos funcionales hidrofílicos más que hidrofóbicos, permite deducir que las PM emitidas si los suelos estudiados se erosionaran, aumentarían su humectabilidad, volviéndose más activas como, por ejemplo, partículas nucleadoras de hielo.

**Palabras clave:** carbono orgánico del suelo; erosión eólica; semiárido





## **MATERIA ORGÁNICA ASOCIADA A PLANTACIONES EN SUELOS DE CENIZA VOLCÁNICA: ¿VEINTE AÑOS NO ES NADA?**

La Manna, L.<sup>1,2\*</sup>, C. Caruso<sup>3</sup>, C. Ugarte<sup>4</sup>, W. Opazo<sup>4</sup>, D. González Comunian<sup>1</sup>, M. Antilef<sup>1</sup>, C.G. Buduba<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Ambientales Integrados, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Oliveros.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEAf Esquel.

\* Ruta 259 Km 16.4 (9200) Esquel, Prov. de Chubut, llamanna@unpata.edu.ar

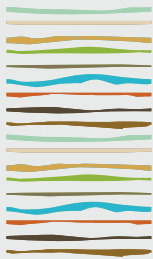
### **RESUMEN**

Las plantaciones de coníferas introducidas se proponen en la Región Andino Patagónica como una alternativa de uso de la tierra en áreas de pastizales degradados. Uno de los argumentos para incentivar la actividad es su capacidad de incrementar las reservas de carbono edáfico. El objetivo de este estudio fue monitorear, luego de 20 años, los cambios en el contenido de materia orgánica (MO) en suelos de origen volcánico y analizar el efecto de las plantaciones sobre las fracciones de la MO. El estudio se realizó en 6 pastizales y plantaciones aledañas de pino ponderosa de 35 años en la actualidad, cercanos a la ciudad de Esquel (Chubut). En los años 2001 y 2021 se tomaron muestras inalteradas de suelo, por cuadruplicado, a distintas profundidades (10, 30, 60 y 90 cm) para la determinación de MO por calcinación y densidad aparente. Se determinó también la MO asociada a agregados estables al agua de distinto tamaño. Los datos fueron analizados mediante test de Wilcoxon para muestras pareadas. En el año 2001, hasta el metro de profundidad, el contenido de MO en el suelo mineral fue  $268,3 \pm 31,1$  tn ha<sup>-1</sup> y  $261,2 \pm 22,7$  tn ha<sup>-1</sup> para plantaciones y pastizales, respectivamente. Veinte años después, los valores promedio no se modificaron significativamente, siendo los contenidos medios  $230,7 \pm 36,2$  tn ha<sup>-1</sup> y  $265,9 \pm 63,3$  tn ha<sup>-1</sup>, sin presentar diferencias significativas entre ambos tipos de vegetación. No se detectaron cambios en el tiempo en el contenido de MO expresado en porcentaje, sin embargo, la porosidad total tendió a incrementarse en los primeros centímetros del suelo. Asimismo, si se considera el contenido de C que aporta el mantillo, los resultados favorecen a las plantaciones.

La distribución de la MO asociada a agregados difirió significativamente entre los tipos de vegetación. El contenido de MO vinculada a la fracción gruesa (> 2000  $\mu$ m) ( $5,8\% \pm 2,4$  vs.  $2,5\% \pm 1,6$ ) y la formación de macroagregados estables (i.e., 250-2000  $\mu$ m) ( $48,1\% \pm 4,2$  vs  $41,2\% \pm 4,4$ ) fueron significativamente mayores en las plantaciones que en los pastizales. Mientras que los contenidos de MO de los microagregados grandes (i.e., 53-250  $\mu$ m) resultaron significativamente más bajos en las plantaciones que en los pastizales ( $3,3\% \pm 0,5$  vs.  $5,5\% \pm 1,7$ ). Los resultados sugieren que el cambio de uso de la tierra, al modificar la calidad del aporte orgánico, genera cambios en la vinculación entre la fracción mineral y orgánica, modificando la porosidad y la distribución de la MO en fracciones de distinta labilidad, sin generar necesariamente un incremento en la captación de carbono total. Si bien estos resultados permiten vislumbrar ciertas tendencias, que deberán ser estudiadas, los cambios en el suelo resultaron sitio-dependientes, condicionados por las propiedades intrínsecas del suelo, el manejo de la plantación y la situación de uso actual e histórica del pastizal.

**Palabras clave:** Pino ponderosa, Carbono, Fracciones de la materia orgánica.





## **EVALUACIÓN ESTACIONAL DE CARBONO, NITRÓGENO Y FÓSFORO EN ÁREAS ABIERTAS Y BAJO COPA DE CALDÉN**

Larroulet, M.S.<sup>1,\*</sup>, P.A. Ferreyra<sup>1,2</sup>, M. Minig<sup>1,2</sup>, M.E. Gallace<sup>1</sup>, M.N. Castaño<sup>1</sup>, E.N. Hepper<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía – UNLPam;

\* Ruta Nacional 35, km 334, (6300) Santa Rosa, Prov. de La Pampa,  
sofiarroulet@agro.unlpam.edu.ar.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UNLPam;  
Av. Uruguay 151, (6300) Santa Rosa, Prov. de La Pampa.

### **RESUMEN**

El nivel de carbono orgánico de los suelos depende de los aportes de residuos vegetales y de la mineralización. Además, el aporte de residuos vegetales del árbol varía entre estaciones, y esto afecta la cobertura del suelo y la retención de agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar los contenidos de carbono orgánico total, nitrógeno total, fósforo disponible y el pH a través de las diferentes estaciones del año, en áreas abiertas y bajo copa de caldén. Se tomaron 5 muestras compuestas (bajo copa y en áreas abiertas) de los primeros 2,5 cm del perfil, en verano, otoño, invierno y primavera de 2019. Se les determinó: pH; carbono orgánico total; fósforo extractable y nitrógeno total. En el parche abierto, se encontró un menor contenido de nitrógeno total en verano y un mayor valor de fósforo extractable en invierno, relacionado con los menores valores de pH observados en esa estación. En cambio, bajo la copa del caldén, se produjeron aumentos en los contenidos de carbono orgánico total, nitrógeno total y fósforo extractable, en otoño y primavera, asociados a los mayores aportes de residuos y al microclima que se genera bajo la canopia. Al comparar entre áreas de muestreo (copa y abierto) dentro de cada estación, se encontraron mayores contenidos de carbono orgánico total, nitrógeno total y fósforo extractable y menores valores de pH, bajo la canopia en verano y otoño. La variación en las condiciones climáticas y en el aporte de residuos entre estaciones generó diferencias en los contenidos de carbono orgánico total, nitrógeno total y fósforo extractable entre las estaciones del año. Los cambios encontrados en las propiedades analizadas, bajo copa de caldén y en áreas abiertas, son diferentes en cada estación del año.

**Palabras clave:** caldenal, áreas de muestreo, propiedades químicas.

### **INTRODUCCIÓN**

En la región semiárida pampeana se encuentra el Caldénal, una formación de bosque xerófilo más o menos denso de *Prosopis caldenia* (caldén), con estepas arbustivas y gramíneas.

El nivel de carbono orgánico de los suelos depende de los aportes de residuos vegetales y de la mineralización. Hepper *et al.* (2013) reportan que los suelos bajo caldén reciben un mayor aporte de materia orgánica fresca, la que se acumula debido a que, en esas áreas, las condiciones para su transformación son menos favorables. Además, la presencia de una leguminosa contribuye al mayor contenido de nitrógeno total, mientras que la canopia vegetal, a través de los restos de hojas, tejido reproductivo y ramas finas, realiza un aporte significativo de nutrientes como nitrógeno, fósforo y calcio a este suelo (Uribe Echevarria, 2014). A su vez, bajo la copa del árbol habrá menor extracción de nutrientes por erosión dada la mayor cobertura de broza y también debido al pastoreo, por la baja calidad de la vegetación gramíneo-herbácea (Morici *et al.*, 2009).



El aporte de residuos vegetales del árbol varía entre estaciones, y esto afecta la cobertura del suelo y la retención de agua. Buschiazzi *et al.* (2004) encontraron que, durante los meses de verano, cuando hay mayor incidencia de la radiación solar, la canopia permite un menor ingreso de radiación. Esto disminuye la temperatura del suelo, la evaporación y aumenta el contenido de agua respecto de áreas abiertas, lo que genera un microclima que puede afectar los contenidos de materia orgánica en las regiones semiáridas. Como consecuencia se ve afectada la actividad microbiana del suelo y, por ende, la mineralización que está regulada por la temperatura, entre otros factores (Álvarez & Steinbach, 2006).

La variación en las condiciones climáticas y en el aporte de residuos entre estaciones tendrá incidencia en la degradación y mineralización de la materia orgánica y por lo tanto en el contenido de nutrientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar los contenidos de carbono orgánico total, nitrógeno total, fósforo disponible y el pH a través de las diferentes estaciones del año, en áreas abiertas y bajo copa de caldén.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El distrito del caldén posee clima templado, con gran amplitud térmica entre el mes más caliente y el más frío, la temperatura media anual varía entre 14°C y 16°C. Se encuentra entre las isohietas de 500 y 600 mm, las mayores precipitaciones medias mensuales ocurren entre octubre y marzo, con gran variabilidad en los totales mensuales y anuales, (INTA & UNLPam, 2004).

El muestreo de suelos se realizó en el año 2019 dentro de una parcela sin intervenciones que se encuentra en el Establecimiento Bajo Verde propiedad de la Facultad de Agronomía – UNLPam. Se tomaron 5 muestras compuestas de suelo de los primeros 2,5 cm del perfil (cada una formada por 5 submuestras) en áreas con influencia de la copa de leñosas y 5 en áreas abiertas, en verano, otoño, invierno y primavera de 2019.

Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm y se les determinó: pH en agua (relación 1:2,5) por potenciometría; carbono orgánico total (COT) por el método de Walkley & Black (1934); fósforo extractable (Pext.) por el método Bray Kurtz I (Bray & Kurtz, 1945) y nitrógeno total por el método Kjeldahl (IRAM-SIGyP 29572).

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial doble, en el cual el factor estaciones tuvo cuatro niveles: otoño, invierno, primavera y verano y el factor vegetación dos niveles: abierto y copa. Las comparaciones entre medias de tratamientos se realizaron a través de la prueba LSD de Fisher (Kuehl, 2001). Los datos obtenidos se analizaron con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de COT, Nt, Pext. y el pH, presentaron interacción entre las estaciones del año y las áreas de muestreo (abierto y copa). Esto indica que hubo un efecto diferencial de las estaciones del año en función del área de muestreo.

En la figura 1 se puede observar que en el parche abierto no se encontraron diferencias significativas en el % COT entre las estaciones. En cambio, bajo la copa del árbol, se puede observar que los mayores % COT se encontraron en verano y otoño (con diferencias significativas entre sí), en coincidencia con lo encontrado por Toselli (2021). Este autor atribuye el aumento al mayor aporte de residuos y a las mejores condiciones de humedad y temperatura que se dan en esas estaciones.



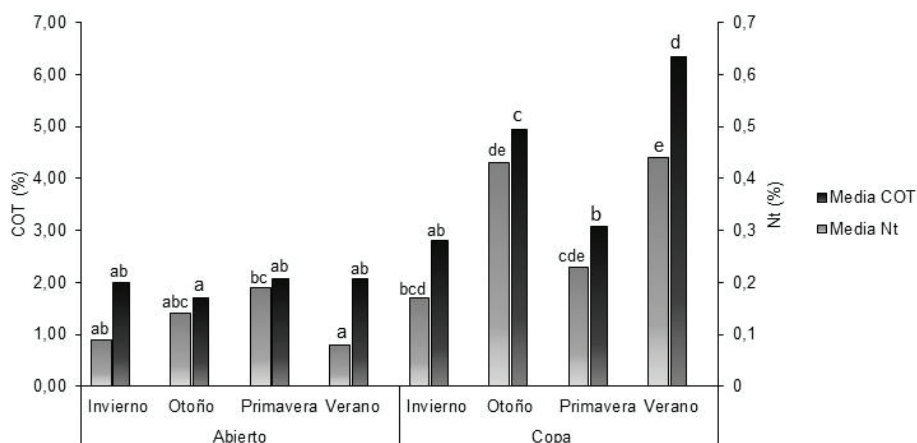


Figura 1: Porcentaje de carbono orgánico total (COT) y nitrógeno total (Nt) en sitios abierto y bajo copa de caldén en otoño, invierno, primavera y verano. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

El % Nt solo presentó diferencias significativas en las áreas abiertas entre verano y primavera, dándose el menor valor en verano (fig. 1). Las mayores temperaturas y el bajo contenido de humedad (4,78 %) en verano, habrían contribuido a una mayor pérdida por volatilización en estas áreas más expuestas a la radiación solar (Weil & Brady, 2017). Por el contrario, bajo la canopia del caldén, se encontró mayor contenido de Nt en verano. Los suelos bajo caldén reciben un mayor aporte de materia orgánica fresca, además, bajo la copa de los árboles es menor la temperatura del suelo, la evaporación y mayor el contenido de agua (Buschiazzo *et al.*, 2004; Hepper *et al.* 2013). Por otra parte, la presencia de una leguminosa contribuye al mayor contenido de nitrógeno total, mientras que la canopia vegetal, a través de los restos de hojas, tejido reproductivo y ramas finas, realiza un aporte significativo de nutrientes como nitrógeno, fósforo y calcio a este suelo (Uribe Echevarria, 2014).

En la figura 2 se presentan el contenido de Pext. y el pH en las dos áreas de muestreo durante las 4 estaciones. Bajo la copa del árbol, el menor valor de pH se encontró en verano y otoño, resultado que se puede explicar por el mayor % COT encontrado en estas estaciones. A su vez, este resultado coincide con lo encontrado por Uribe Echevarria (2014), al analizar el efecto de los residuos de caldén sobre diferentes parámetros edáficos, entre ellos el pH. En el parche abierto se encuentra el mayor valor de pH en otoño.

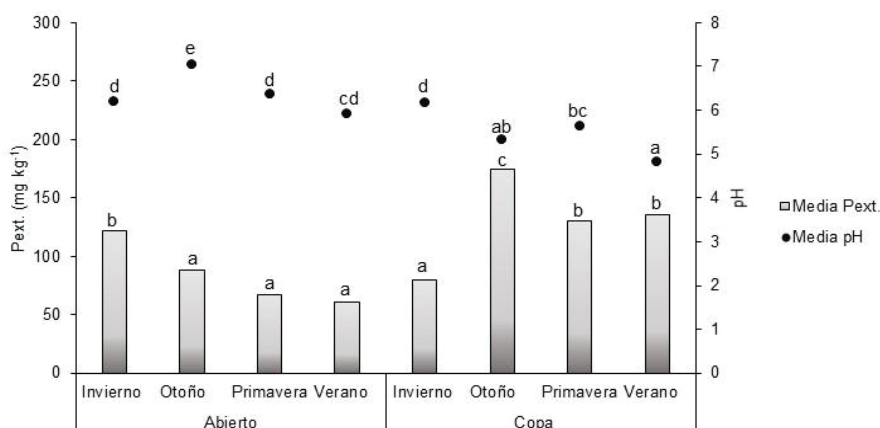


Figura 2: Fósforo extractable (Pext.) y pH en sitios abierto y bajo copa de caldén en otoño, invierno, primavera y verano. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).





El contenido de Pext. presentó el mayor valor en el parche abierto en invierno y bajo la copa en otoño (fig. 2). Estos resultados se relacionan con lo planteado por Hepper *et al.* (2013) quienes mencionan que, en suelos de bosques, nutrientes como el fósforo y nitrógeno, retornan al suelo en cantidades significativas a través de los restos de hojas, tejidos reproductivos y ramas finas. Además, en estas estaciones se encontró uno de los menores valores de pH, condición que favorece la solubilización de los fosfatos de calcio predominantes en estos suelos (Buschiazzo *et al.*, 2000; Hepper *et al.*, 2013).

Al comparar entre áreas de muestreo (copa y abierto) dentro de cada estación, se encontraron mayores % COT y de % Nt bajo la canopia en verano y otoño (fig. 1). Estos resultados coinciden con lo planteado por Hepper *et al.* (2013) y Uribe Echevarria (2014). Por otra parte, los mayores valores de Pext se encontraron bajo la canopia en otoño y verano, resultado que se asocia con los menores valores de pH encontrados en esta área en esas dos estaciones (fig. 2).

## CONCLUSIONES

La variación en las condiciones climáticas y en el aporte de residuos entre estaciones generó diferencias en los contenidos de carbono orgánico total, nitrógeno total y fósforo extractable entre las estaciones del año. Los cambios encontrados en los contenidos de carbono orgánico total, nitrógeno total y fósforo extractable, bajo copa de caldén y en áreas abiertas, son diferentes en cada estación del año.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, R & HS Steinbach. 2006. Factores climáticos y edáficos reguladores del nivel de materia orgánica. En: R Alvarez (ed.). Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. 1ª edn. Pp. 31-40. Editorial Universidad Nacional de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 256 p.
- Bray R & L Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Buschiazzo, DE; GG Hevia; AM Urioste & EN Hepper. 2000. Cultivation effects on phosphate forms and sorption in loess soils of Argentina. *Soil Science* 165: 427-436.
- Buschiazzo DE; HD Estelrich; SB Aimar; E Viglizzo & FJ Babinec. 2004. Soil texture and tree coverage influence on organic matter. *J. Range Manage.* 57:511-516.
- Di Rienzo J; F Casanoves; M Balzarini; L Gonzales; M Tablada & C Robledo. 2009. InfoStat. Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Hepper, EN; MS Larroulet; V Belmonte & AM Urioste. 2013. Propiedades edáficas de un suelo del tributo pampeano en parches con diferente vegetación. *Revista Fac. Agron. UNLPam.* 23(2):5-15.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) – Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. 2018. Norma 29572: Calidad ambiental - Calidad del suelo. Determinación de nitrógeno en suelo por el método Kjeldahl modificado.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – La Pampa & Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam). 2004. Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de La Pampa. Clima, geomorfología, suelo y vegetación. Argentina.
- Kuehl R. 2001. Diseño de experimentos. 2ª edición. Thompson and Learning. México. 666 pp.
- Prescott, CE. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiol.* 22(15–16):1193–1200. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.15-16.1193>
- Morici EFA.; V Doménech-García; G Gómez-Castro; A Kin; A Saenz & C Rabotnikof. 2009. Diferencias estructurales entre parches de pastizal del caldén y su influencia sobre el banco de semillas, en la Provincia de La Pampa, Argentina. *Agrociencia* 43:529-537.
- Studdert GA; GF Domínguez; MC Zagame & JC Carabaca. 2015. Variación estacional de carbono orgánico particulado y nitrógeno anabólico. *Cienc. Suelo.* 33(1):65-77.
- Toselli, LI. 2021. Raleo selectivo manual en el bosque de caldén: efecto sobre propiedades químicas y biológicas del suelo. Trabajo final de graduación. FA – UNLPam.
- Uribe Echevarria, J. 2014. Evaluación del efecto de residuos vegetales aportados por *Prosopis caldenia* sobre propiedades químicas y físicas del suelo. Tesina. FCEyN – UNLPam. [http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tesis/x\\_urieva570.pdf](http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tesis/x_urieva570.pdf)

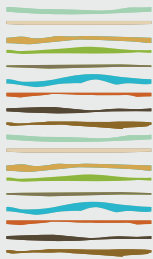




Walkley A & IA Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.

Weil, RR & NC Brady (Eds.). 2016. *The nature and properties of soils*. Pearson. 1104 pp.





## **EL SISTEMA INTENSIFICADO SUSTENTABLE EVALUADO POR LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DE UN SUELO DEGRADADO**

Luna Laguna, K.L<sup>1</sup>, A. Herrera Tobón<sup>1</sup>, M. Semmartín<sup>1,2</sup>, B. Benedit<sup>3</sup>, A. Peper<sup>3</sup>, D. Cosentino<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup> CONICET;

<sup>3</sup> Bayer Argentina. Av. San Martín 4453, Ciudad de Buenos Aires. cosenti@agro.uba.ar

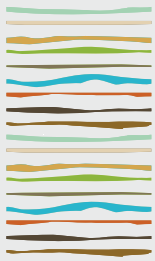
### **RESUMEN**

La estabilidad estructural de los agregados del suelo es una característica dinámica, considerada como un indicador sensible de tendencias de recuperación o degradación. Dado que no es una propiedad permanente y es fácilmente alterable, es importante diseñar sistemas de cultivo sostenibles que permitan mantener e incluso restaurar propiedades críticas del sistema, incluyendo su funcionamiento. Esta propiedad se encuentra relacionada con el contenido de carbono orgánico en sus diferentes fracciones, sistema de labranza y rotación de cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar si el modelo agronómico intensivo sustentable es capaz de recobrar la estabilidad de los agregados del suelo y si se relaciona con el carbono orgánico total o su fracción particulada. En el sexto año de un experimento de larga duración en Pergamino (Don Eduardo – Bayer Crop Science) se evaluó la estabilidad estructural y el carbono orgánico (LECO) a dos profundidades (0-5 cm y 5-20 cm) para los modelos Manejo Intensivo Sustentable (MIS) y Manejo Actual del Productor (MAP) los cuales tenían diferentes rotaciones (Monocultivo de soja -sólo en MAP-; Maíz-Soja y Maíz-Soja-Trigo/Soja) y con y sin cultivo de servicios. Todo el experimento fue cultivado con siembra directa. Se encontró que la estabilidad de los agregados (Le Bissonnais) dentro de los modelos productivos no mostró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto a profundidad y rotación, pero si cuando se hicieron cultivos de servicios ( $p < 0,001$ ). El carbono orgánico total de la matriz (%) obtenido por la metodología LECO, presentó diferencias significativas en cuanto a modelos productivos, pero solamente para la profundidad de 0-5 cm y para los cultivos de servicios en ambas profundidades ( $p < 0,001$ ). Se observó también que la relación entre el carbono orgánico total y estabilidad de los agregados es positiva y su significancia varió en profundidad, siendo mayor de 5-20 cm. En cuanto a la fracción particulada MOP (materia orgánica particulada), se observó que la relación con la estabilidad de los agregados fue positiva y varió en profundidad, siendo mayor en 5-20 cm para los modelos SIM y MAP; para el modelo MAP con monocultivo de soja la significancia fue mayor en 0-5 cm. Considerando los modelos productivos a 0-5 cm, el C total solo explicó el 4% y POM el 6 % de la variación del DMP mientras que de 5-20 cm, el C total explicó el 22% y POM el 11% de la variación del DMP. Los resultados obtenidos indican que aun partiendo de una condición inicial inestable (año cero), hay una mejora en la estabilidad estructural de los agregados y el contenido de carbono a través de los cultivos de cobertura y del modelo productivo empleado.

Este experimento se realizó con el apoyo financiero de Bayer Crop Science Argentina, a través de un convenio de cooperación técnica con la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (Exp. UBA 16583/18).

**Palabras clave:** Sistemas agronómicos intensivos, Le Bissonnais, Cultivos de servicio, Rotaciones.





## VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN RESPUESTA AL ÍNDICE DE INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA

Malmantile, A.<sup>1</sup>, F. Salvagiotti<sup>2</sup>, G.R. Gerster<sup>3</sup>, S. Bacigaluppo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>AER INTA Venado Tuerto; <sup>2</sup>EEA INTA Oliveros;

<sup>3</sup>EEA INTA Marcos Juárez;

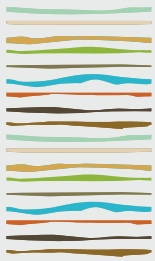
\*Ruta Nacional 11, km 353, (2206) Oliveros, Prov. de Santa Fe, bacigaluppos@inta.gob.ar

### RESUMEN

Muchos de los suelos de los agroecosistemas de la región pampeana han evidenciado signos de degradación físico química en los últimos años. Aumentar la ocupación del suelo por unidad de tiempo, se plantea actualmente, como una estrategia para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos bajo agricultura continua. El objetivo de este trabajo fue evaluar propiedades edáficas físicas y químicas en respuesta a secuencias agrícolas con diferente tiempo de ocupación del suelo, en un Argiudol típico del sur de Santa Fe. El estudio se realizó en un experimento de larga duración situado en la EEA INTA Oliveros, iniciado en 2006, en siembra directa. Los tratamientos consistieron en seis secuencias agrícolas con distinto índice de intensificación (II) partiendo de monocultivo de soja II=0,39 y aumentando progresivamente el número de cultivos por año, ya sea de cobertura y/o grano, como Maíz-Soja-Trigo/Soja II=0,55, Maíz-cultivo de cobertura-Soja-Trigo/Soja II=0,64, Maíz-Trigo/Soja II=0,65, Soja-cultivo de cobertura-Soja II=0,69, hasta la secuencia cultivo de cobertura-Maíz-Trigo/Soja II=0,80. Luego de tres ciclos completos de las secuencias evaluadas, se determinaron en cada una, el stock de Carbono orgánico del suelo (COS) en dos profundidades: 0-3,5 cm y 3,5-7,5 cm; la resistencia mecánica a la penetración (RMP) en la profundidad a la cual se registraron los máximos valores de compactación; el diámetro medio de agregados estables (EA) del horizonte superior y la infiltración básica (Ib). Se analizaron correlaciones de las variables edáficas con el II mediante análisis de componentes principales (ACP) de la matriz de datos estandarizados. Las dos primeras componentes principales explicaron el 93% de la variación total, mostrando una estrecha asociación de bajos valores de II con RMP y una correlación positiva de altos valores de II con las variables EA, COS 0-3,5 cm e Ib. Por otro lado, con los modelos de regresión lineal de cada variable en estudio con el II, se observó que COS 0-3,5 cm, COS 3,5-7,5 cm y EA estuvieron relacionadas positivamente mientras que RMP tuvo una relación negativa con el II ( $p < 0,1$ ). El COS 3,5-7,5 cm y EA fueron las variables de mayor ajuste ( $R^2 > 0,75$ ), con aumentos de 0,26 Mg ha<sup>-1</sup> y 110  $\mu$ m por cada 10% de incremento en el índice de intensificación, respectivamente. EA aumentó un 22% en la secuencia cultivo de cobertura-Maíz-Trigo/soja (II=0,80), respecto a la soja-soja (II=0,39). En tanto que el aumento en el stock de COS 3,5-7,5 cm fue del 21% entre ambos II. Las variables físico químicas evaluadas como indicadores de calidad del suelo, mostraron en todos los casos respuestas positivas al aumento del índice de intensificación agrícola propuesto.

**Palabras clave:** secuencias de cultivos, estabilidad de agregados, carbono orgánico.





## ALMACENAJE DE CARBONO EN SUELOS DE LA DEPRESIÓN DEL SALADO: ANÁLISIS DE UNA TOPOSECUENCIA

Marentes Amaya, F.L.<sup>1,\*</sup>, P. Gelatti<sup>3</sup>, M. Busto<sup>2</sup>, E. Melani<sup>4</sup>, J. Otondo<sup>4</sup>, M. Bailleres<sup>4</sup>, A. Costantini<sup>1,2</sup>, R. Romaniuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Suelos, INTA Castelar;

<sup>2</sup>Cátedra de Edafología, FAUBA;

<sup>3</sup>FCAYF, UNLP; E.E.A. Cuenca del Salado, Chascomús;

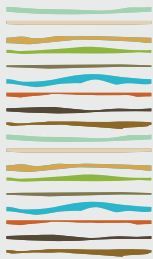
De los Reseros y Nicolás Repetto, Hurlingham, Provincia de Buenos Aires, [marentesamaya.f@inta.gob.ar](mailto:marentesamaya.f@inta.gob.ar)

### RESUMEN

La expansión agrícola en la Argentina generó un desplazamiento de la ganadería hacia zonas consideradas marginales, como es el caso de la Depresión del Salado. Esta región es una extensa llanura anegable en el centro-este de Buenos Aires que se caracteriza por poseer una importante superficie cubierta con suelos salinos y sódicos. La cría bovina es la actividad principal y se realiza mayormente sobre pastizales naturales mejorados. La presión de producción sobre estas tierras trajo aparejada la necesidad de aumentar la oferta y la calidad forrajera. Por esta razón, se ha promovido la introducción de *Lotus tenuis* (LT), leguminosa que se adapta a la alcalinidad y a los largos períodos de inundación, incrementando así la productividad y la calidad de la oferta de forraje, el aporte de nitrógeno y por lo tanto sobre el secuestro de carbono en los suelos. El secuestro de C a partir de pastizales y pasturas constituye un importante mecanismo de mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero, y depende de la productividad de los recursos y del manejo del sistema. Así, el éxito de la promoción de LT estará mayormente asociado a las características edáficas y a la heterogeneidad topográfica y geomorfológica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del gradiente topográfico sobre el secuestro de C y su relación con los cambios asociados en la productividad y presencia de leguminosas en pastizales de la Depresión del Salado. Este estudio se llevó a cabo en la Chacra experimental "Manantiales", Chascomús, Buenos Aires. Se seleccionaron tres situaciones a lo largo de una toposecuencia: planicie con relieve ligeramente sobreelevada (PS), Áreas con relieve plano (PP) y Planicies deprimidas (PD) dentro de un mismo manejo correspondiente a 14 años de promoción con LT. Se realizaron calicatas y se tomaron muestras por intervalos de profundidad hasta los 100 cm. Las variables analizadas fueron almacenamiento de C en el perfil, biomasa aérea total y porcentaje de biomasa aérea total que corresponde a LT. Las muestras de biomasa aérea y % de LT fueron tomadas durante el periodo estival. En las áreas planas y deprimidas se encontraron mayores valores de stock de C (109 y 106 Mg ha<sup>-1</sup>) que en el área sobreelevada (93,6 Mg ha<sup>-1</sup>) (p<0.05). La biomasa aérea fue mayor en PP y PD respecto a PS (p<0.05), mientras que el % de LT fue significativamente mayor en PD. Se encontró una correlación positiva entre el C almacenado en el perfil y la biomasa aérea total (R<sup>2</sup> 0.37, p<0.05). El almacenaje de C al metro de profundidad parece estar mayormente asociado a la productividad de los pastizales que, a la proporción de leguminosas, siendo el C almacenado y la biomasa aérea mayor en las posiciones planas y bajas respecto a las sobreelevadas. Esto último podría relacionarse con mayor disponibilidad hídrica del perfil en estas posiciones topográficas. Se hace necesario complementar este estudio con otras determinaciones, que permitan entender mejor el proceso implicado en la acumulación de carbono en relación con el gradiente topográfico dentro en la zona en estudio.

**Palabras clave:** leguminosas, *Lotus tenuis*, pastizales.





## RESPUESTA DEL ALMACENAJE DE CARBONO A CRONOSECUENCIAS CON LEGUMINOSAS EN LA DEPRESIÓN DEL SALADO

Marentes Amaya, F.L.<sup>1\*</sup>, P. Gelatti <sup>2</sup>, M. Busto <sup>3</sup>, M. S. Vásquez<sup>3</sup>, E. Melani <sup>4</sup>, J. Otondo <sup>4</sup> M. Bailleres <sup>4</sup>, A. Costantini <sup>1,3</sup>, R. Romaniuk <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Suelos, INTA Castelar;

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales; UNLP, La Plata ;

<sup>3</sup> Cátedra de Edafología , FAUBA,

<sup>4</sup> E.E.A. Cuenca del Salado, Chascomús;

\* De los Reseros y Nicolás Repetto s/n, B1686, Hurlingham, Provincia de Buenos Aires, [marentesamaya.f@inta.gob.ar](mailto:marentesamaya.f@inta.gob.ar)

### RESUMEN

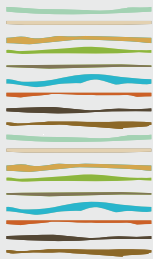
La Depresión del Salado es una de las regiones con suelos halo-hidromórficos de la Argentina. La región se caracteriza por la alternancia de períodos de inundaciones y sequías que afectan aún más su capacidad productiva. Debido a ello, se han implementado estrategias tendientes a promover especies forrajeras que se adapten a estas condiciones desfavorables. *Lotus tenuis* (LT), es una leguminosa naturalizada muy utilizada en pastizales de la Pampa Deprimida debido a su tolerancia a situaciones de hidromorfismo, alcalinidad y baja fertilidad de suelos. Su establecimiento y desarrollo se promueve a partir del uso combinado de herbicidas y manejo de la competencia durante el invierno, con el objetivo de maximizar su oferta durante el verano, mejorando la calidad forrajera debido a su aporte proteico.

El suelo actúa como fuente y sumidero de gases, jugando un papel significativo en la regulación de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Varios autores destacan la importancia del nitrógeno (N) como un componente limitante en el almacenamiento de carbono en el suelo. En ese sentido, la utilización de *Lotus* podría resultar en un aporte de importancia de este elemento. La fijación atmosférica de N generada a través de la asociación simbiótica entre las leguminosas y bacterias de género *Rhizobium*, aporta N al suelo que puede tener un efecto positivo en la producción de biomasa aérea y subterránea; y sobre la cantidad y la calidad de la materia orgánica del suelo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del tiempo de inclusión de *Lotus tenuis* en pastizales de la Depresión del Salado sobre el almacenaje de C en el suelo. Para ello, en la Chacra Experimental Manantiales, Chascomús, se seleccionaron tres situaciones con diferente cantidad de años con promoción de *Lotus tenuis* (LT) en pastizales: 0 (control), 5 y 14 años. Se determinó el stock de C en el suelo hasta 1 m de profundidad. El stock de C en la situación control (63.36 Mg C ha<sup>-1</sup>) y de 5 años de promoción con LT (69.51 Mg de C ha<sup>-1</sup>), fueron similares y estadísticamente menores ( $p < 0.05$ ) que en la situación de 14 años con LT (93.42 Mg de C ha<sup>-1</sup>), mostrando un aumento significativo en el almacenaje de C luego de varios años de promoción con LT. Se hace necesario complementar el estudio con otras determinaciones que permitan entender los procesos implicados en la acumulación de carbono en el lugar de estudio.

**Palabras clave:** *Lotus tenuis*, pastizales, mitigación de GEI





## PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO DE TIERRA DEL FUEGO

Martínez, M.C.<sup>1</sup>, M.L. Gómez Samus<sup>1\*</sup>, A. Moretto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional de Tierra Del Fuego (ICPA-UNTDF);  
\*Fuegia Basket n° 251 (9410) Ushuaia, Prov. de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, [mlgomezsamus@untdf.edu.ar](mailto:mlgomezsamus@untdf.edu.ar)

### RESUMEN

Este trabajo presenta propiedades físicas y químicas de suelos de uso forestal y ganadero ubicadas en el ecotono fueguino, con el objetivo de contribuir a su conocimiento y establecer relaciones entre las variables analizadas, en el marco de la degradación de la tierra. Se analizaron los primeros 10 cm de suelo en siete muestras, las propiedades analizadas fueron: granulometría (con y sin pretratamiento de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), materia orgánica (MO), pH hidrolítico, pH-KCl, pH-NaF, fosfato y conductividad eléctrica (CE). Los suelos se caracterizaron por presentar un alto porcentaje de MO (3,3 a 6,5), pH ácido (entre 4,6 a 5,4) y reacción negativa al NaF. La CE fue menor a 2 dS.m<sup>-1</sup> para la mayoría de los suelos analizados y el contenido de fosfato varió entre 0 y 0,8 mg.l<sup>-1</sup>. Las diferencias entre los sectores analizados no son muy marcadas a pesar del contraste en vegetación. Cuando se eliminó la MO con pretratamiento de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, tendió a disminuir la arcilla y aumentar las fracciones más gruesas, principalmente limo. Por otro lado, los valores más bajos de MO se corresponden con niveles más altos de fosfato y mayor pH-KCl. Es importante el papel que desempeña la MO en estos ecosistemas, no sólo como sumidero de carbono, sino también por su influencia en el pH del suelo y por consiguiente en la disponibilidad de fosfato, nutriente esencial para las plantas. El efecto de la MO en la formación de microagregados podría estar influenciando la granulometría, evitando el desencadenamiento de procesos de degradación. El análisis de propiedades físicas y químicas del suelo permitió establecer relaciones con algunos procesos de degradación relacionados con el uso del suelo.

**Palabras clave:** propiedades del suelo, ecotono fueguino, uso del suelo.

### INTRODUCCIÓN

En la región central de Tierra del Fuego se extiende una amplia zona de transición (ecotono) en donde, el bosque de *Nothofagus sp.* comparten dominio con la vegetación de la estepa, que se alternan con extensos mallines o vegas de ciperáceas y turberas en zonas deprimidas (Oliva *et al.*, 2001). Allí el uso del suelo es predominantemente ganadero y se encuentra en líneas generales, en un proceso de transformación que implica principalmente la sustitución de ovinos por bovinos (Livraghi *et al.*, 2021). Asociado a esta actividad se han observado procesos de degradación como aumento de suelo desnudo, erosión eólica, compactación y especies invasoras (Moretto & Coronato, 2017). Por su parte, el uso forestal de los bosque de *Nothofagus pumilio* presenta procesos de degradación como la compactación, disminución de C orgánico y nutrientes del suelo, debido a la menor producción de hojarasca y la acumulación de fustes en sectores puntuales y pasaje de maquinarias (Mansilla, 2013). Estos procesos de degradación de la tierra cobran especial relevancia, al considerar los impactos al ecosistema, la sociedad y el cambio climático que conllevan (Olsson *et al.*, 2019). En este trabajo se presentan algunas propiedades físicas y químicas de suelos de uso forestal y ganadero ubicadas en el centro de la provincia de Tierra del Fuego, con el objetivo de contribuir a su conocimiento y establecer relaciones entre las variables analizadas, en el marco de la degradación de la tierra.





## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el centro de la provincia de Tierra del Fuego, comprendido dentro del Sitio Piloto Ecotono Fueguino (SPEF) (54° 33' S, 68° 7' O y 53° 47' S, 67° 6' E) y ocupa una superficie de 256.518 Ha (Moretto & Coronato, 2017) (Figura 1). El clima es Frío Semi-húmedo Oceánico y las precipitaciones anuales son de 450 mm. El relieve se caracteriza por presentar colinas, amplios valles y cuencas lacustres (Coronato, 2014). Los suelos en este sector corresponden a Haploboroles énticos, Crioboroles típicos, Criocreptes dísticos y Andacueptes háplicos (INTA, 1990). En abril del 2021 se realizó un muestreo de los horizontes superficiales en tres sectores del SPEF, dos sectores de bosque de *Nothofagus sp.* que presentan diferentes manejos forestales: cortas de protección (BCP1, BCP2 y BCP3) y retención variable (BRV4 y BRV5) y un sector de pastizal natural de *Festuca gracillima* bajo ganadería extensiva (PG6 y PG7) (Figura 1).

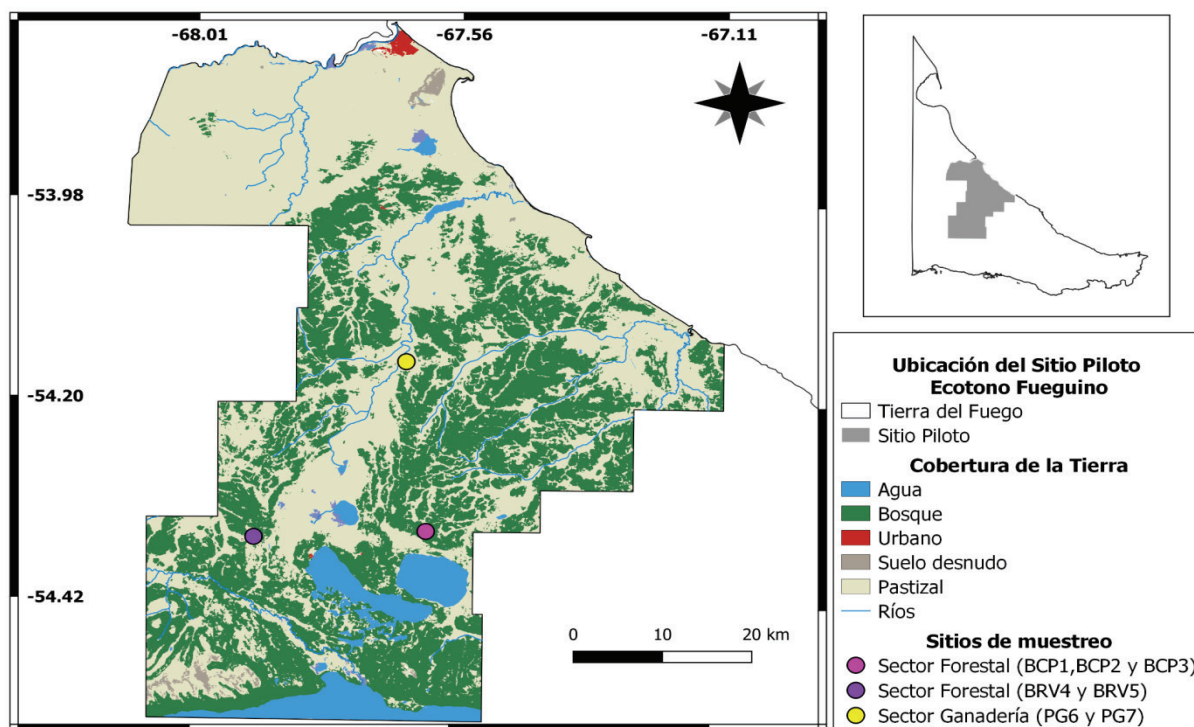


Figura 1. Ubicación del Sitio Piloto Ecotono Fueguino (SPEF), sitios de muestreo y cobertura de la tierra.

Se examinaron los primeros 10 cm del suelo de siete muestras provenientes de sectores de uso ganadero y forestal. En laboratorio se analizó la fracción tierra fina menor a 2 mm. La materia orgánica (MO) se determinó por calcinación a 430°C y la textura del suelo mediante el método de Bouyoucos. Adicionalmente, se analizó la textura sin eliminación previa de la MO mediante H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para establecer comparaciones. Con un pHmetro Hanna modelo HI98129 se midió el pH hidrolítico (1:2,5), pH-KCl (1:2,5; 1N) y pH-NaF (1:50; 1N) para inferir la presencia de material amorfo del tipo alofano/imogolita. Estas determinaciones se efectuaron luego de 60 minutos de reposo. La CE se midió en el extracto de saturación del suelo. El fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) se analizó a través del Fotómetro Multiparamétrico (Hanna 83325).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos estudiados se caracterizaron por ser ácidos, los valores de pH hidrolítico variaron entre 4,6 y 5,5, sólo en BCP1 se obtuvo el máximo valor (6,4), lo cual puede estar relacionado con el menor contenido de MO, se discutirá posteriormente. El pH-KCl varió entre 3,4 a 5,6 que corresponden a suelos muy fuertemente ácidos a moderadamente ácidos, respectivamente (Blume *et al.*, 2016), esto indicaría una elevada acidez potencial y baja saturación en bases. El pH-NaF presenta reacción alcalina sólo para PG6 (9,2), que indica la presencia de material inorgánico no cristalino en el complejo de intercambio (Soil Survey Staff, 2014).



La CE en el extracto de saturación del suelo es menor a 2 dS.m<sup>-1</sup> en todos los sitios muestreados, sólo en PG7 llega a 2,06 dS.m<sup>-1</sup> respecto a la clase muy ligeramente salino (Soil Survey Staff, 2014). Por su parte las clases texturales con pretratamiento de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en los suelos forestales variaron entre franco arcilloso, franco limoso, franco arenoso y franco, en cambio en el pastizal fueron franco y franco gravoso. Por otro lado, sin eliminación de la MO dominó la clase textural franco arcilloso en suelos forestales y no hubo cambio de clase textural en el pastizal (Tabla 1). Cabe destacar que PG6 corresponde a un sector con un 59,4% en peso de fragmentos gruesos.

Tabla 1. Variables analizadas en cada una de las muestras de suelo relevadas.

Uso del suelo	Muestra	pH-H <sub>2</sub> O	pH-KCl	pH-NaF	CE extracto (dS.m <sup>-1</sup> )	Clase textural (con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Clase textural (sin H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
	BCP1	6,4	5,6	7,9	1,22	Franco arcilloso	Franco arcilloso
	BCP2	4,6	3,4	8,0	0,69	Franco limoso	Franco
Forestal	BCP3	5,5	4,6	7,9	1,03	Franco arenoso	Franco arcillo arenoso
	BRV4	5,2	3,9	7,9	0,72	Franco arcilloso	Franco arcilloso
	BRV5	5,3	4,2	8,0	1,29	Franco	Franco arcilloso
Ganadero	PG6	4,8	3,7	9,2	0,44	Franco Gravoso	Franco Gravoso
	PG7	4,6	4,1	8,1	2,06	Franco	Franco

Al comparar el efecto de la eliminación de la materia orgánica mediante H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre la textura, se observó en líneas generales una disminución de la fracción arcilla y aumento de las fracciones gruesas, principalmente limo (Figura 2 a, b y c). Es importante mencionar que esta fracción granulométrica presenta importancia en la degradación física de tierras ya que está vinculada con efectos negativos en la estructura del suelo, porosidad, encostramiento superficial, escurrimiento y erosión (Behrends Kraemer *et al.*, 2018; Bouza & Del Valle 1998). Los resultados encontrados podrían estar vinculados a la formación de microagregados muy estables que influye en la granulometría verdadera del suelo. Esto se debe a que el método del hidrómetro sin eliminación de MO, produce una dispersión incompleta del suelo, entonces una parte de la fracción más gruesa se encuentra representada por agregados formados por las fracciones más finas, limo y/o coloides orgánicos y arcilla (La Manna *et al.*, 2016). Por otro lado, el mayor porcentaje de arcilla podría estar asociado a la MO o limo fino en suspensión, que altera la medición de la densidad (La Manna *et al.*, 2016). La variación promedio de las fracciones granulométricas con y sin eliminación previa de la MO, en orden decreciente fueron el limo, arcilla y arena (Figura 2 c).



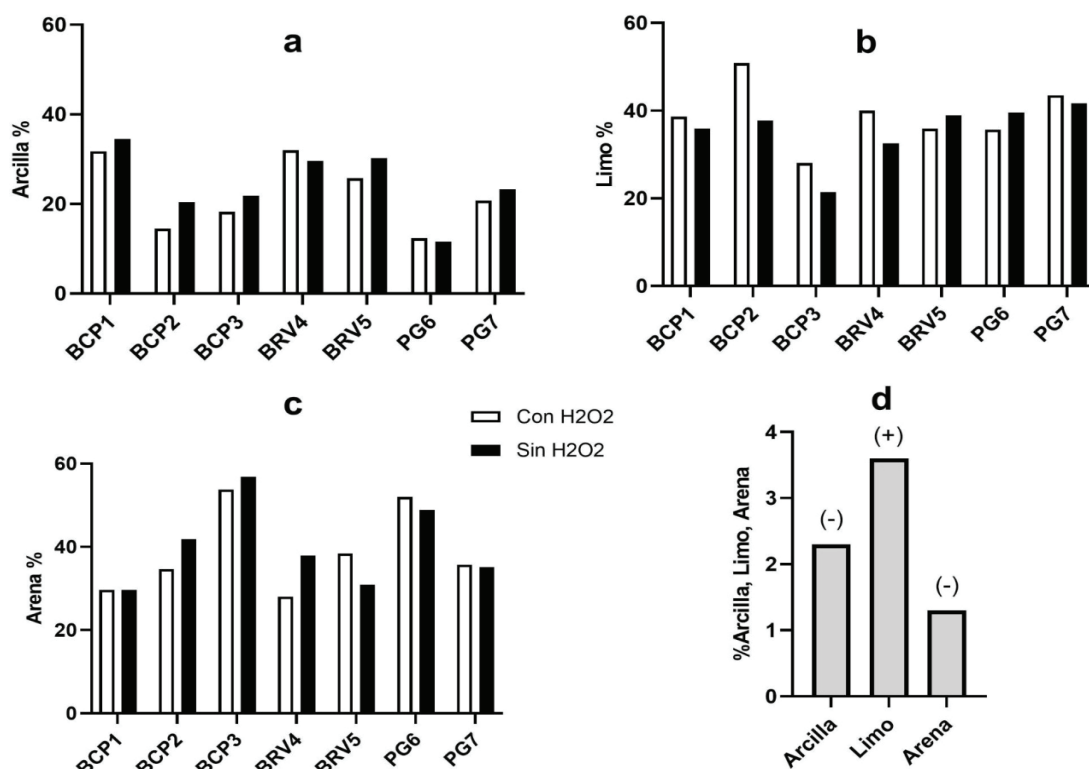


Figura 2. Porcentaje de arcilla, limo y arena, con y sin eliminación previa de la materia orgánica, para cada uno de los sitios de muestreo (a, b y c) y variación promedio del porcentaje de arcilla, limo y arena, con y sin eliminación previa de la MO para todos los sitios muestreados (d). Se muestran los valores absolutos, con sus respectivos signos en la parte superior de la barra.

En general tanto los suelos de uso forestal como los de uso ganadero, presentan similares niveles de MO (3,3% a 6,5%), a pesar de que este último corresponde a una zona con escasa cobertura vegetal (Figura 3). Por otro lado, se observa que cuando los valores de MO son altos 6,2 en BCP2 y 6,5 en PG6, los valores de fósforo son 0. Esto se corresponde con un aumento de la acidez potencial (3,4 y 3,7) (Tabla 1), que podría estar vinculado con los H<sup>+</sup> intercambiables generados por las sustancias húmicas de la materia orgánica (Blume *et al.*, 2016), que actúan disminuyendo la disponibilidad de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> al estar fijado por Fe y Al (Espinosa & Molina, 2015). En cambio para los valores más bajos de MO, 3,3 en BCP1, 4 en PG7 y 4,36 en BRV5, el fósforo obtuvo los valores más altos 0,6, 0,3 y 0,8 respectivamente (Figura 3) y la acidez potencial no fue tan acentuada con valores que variaron entre 4,1 a 5,6 (Tabla 1).

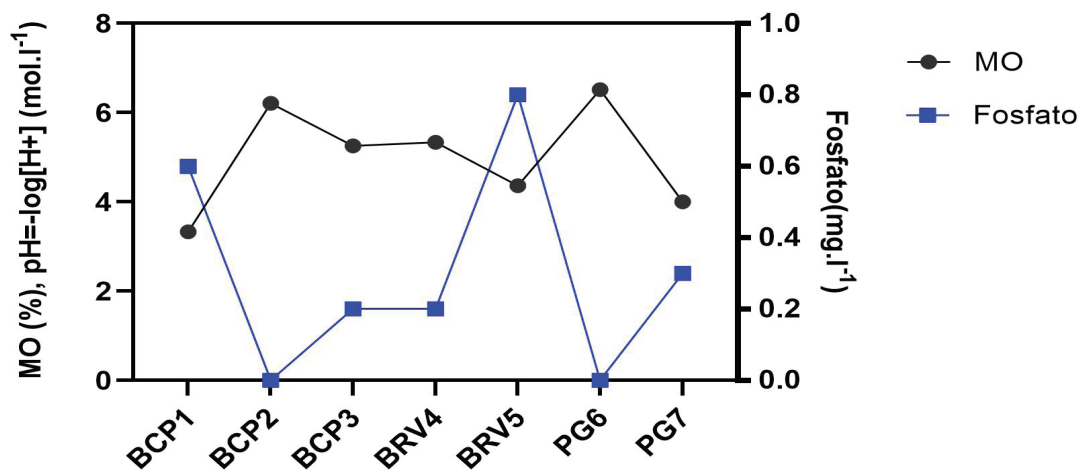


Figura 3. Materia orgánica (MO) y fosfato ( $PO_4^{3-}$ ) para cada uno de los suelos analizados.

A partir de los resultados obtenidos, se puede inferir que existe una relación entre la MO y el fosfato que está mediada por el pH del suelo. Particularmente en este sector se ha evidenciado el avance de *Empetrum rubrum*, en potreros sobrepastoreados (Antonijevic & Faggi, 2000). Dicha especie, considerada indicadora de degradación del pastizal natural, está estrechamente asociada a ciertas limitaciones físico-químicas del suelo como la baja disponibilidad de nutrientes y alta acidez (Collantes *et al.*, 2005). Por este motivo, es necesario profundizar el estudio de la relación de la calidad de la MO, su efecto en el pH y por consiguiente en la biodisponibilidad de fosfato, nutriente esencial para las plantas.

Por otro lado, vinculado a la actividad forestal se ha evidenciado disminución del C orgánico del suelo a corto plazo (Mansilla, 2013). En este sentido, es destacable el potencial rol que presenta la MO, no sólo como sumidero de C, sino también como protección de procesos de degradación de suelo.

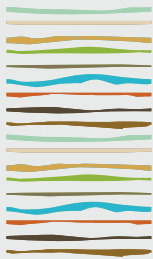
## CONCLUSIONES

El estudio de propiedades físicas y químicas de suelos bajo diferentes usos, ubicados en la región central de Tierra del Fuego permitió establecer asociaciones entre las variables analizadas, que a su vez están vinculadas con distintos procesos de degradación de la tierra. A pesar de la diferencia en la cobertura vegetal dominante en cada zona (bosque de *Nothofagus sp.* y pastizal de *Festuca gracillima*), ambas situaciones presentaron similares características en cuanto al contenido de MO y acidez. La MO del suelo podría jugar un papel importante al formar microagregados, protegiendo del desencadenamiento de procesos de degradación. Vinculado a esto, tomar medidas en el manejo de suelos que tiendan a mantener o minimizar las pérdidas de carbono orgánico, presenta especial relevancia. Asimismo, es sustancial profundizar los conocimientos en la calidad de la MO, su efecto en el pH y por consiguiente en la biodisponibilidad de fosfato, ya que la acidificación del suelo se encuentra asociado a especies poco palatables como *Empetrum rubrum* en sectores sobrepastoreados. Por último, si bien este estudio no pretende dar una caracterización acabada de los procesos de degradación presentes, es necesario un estudio detallado con la finalidad de asistir a la toma de decisiones para la gestión del recurso suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Antonijevic, V & A Faggi. 2000. El ecotono bosque-estepa fueguino. En II Jornadas de Geografía de la UNLP 13 al 15 de septiembre de 2000 La Plata, Argentina. Resignificando una geografía para todos. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Geografía.
- Behrends Kraemer, F; M Castiglioni & H Morrás. 2018. Evaluación micromorfométrica de la porosidad de un argiudol típico con dos intensidades de uso bajo siembra directa. Ciencia del suelo, 36(1), 138-156. Recuperado en 19 de abril de 2022, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672018000100014&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672018000100014&lng=es&tlng=es).
- Blume, HP; GW Brümmer; H Fleige; R Horn; E Kandeler; I Kögel-Knabner; R Kretzschmar; K Stahr & BM Wilke. 2016. Scheffer/Schachts-

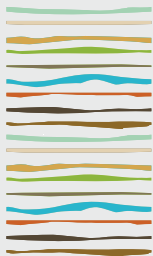




chabelCiencia del suelo. doi:10.1007/978-3-642-30942-7

- Bouza, PJ & HF Del Valle. 1998. Propiedades micromorfológicas del suelo superficial y subsuperficial en un ambiente pedemontano árido de Patagonia, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*, 16 (1), 30-38.
- Collantes, MB; K Braun; C Escartín; AM Cingolani & J Anchorena. 2005. Patrones de cambio de la vegetación de la estepa fueguina en relación al pastoreo. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas, 235-251.
- Coronato, A. 2014. Territorios fueguinos: fisonomía, origen, evolución. En: Oría, J. y Tívoli, A. (Eds.) *Cazadores de mar y de tierra, estudios recientes en arqueología fueguina*, 43-63.
- Espinosa, J. & E Molina. 2015. Acidez y encalado de los suelos (Soil acidity and liming). 10.13140/2.1.3888.9281.
- INTA 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina. CIRN. Instituto de Suelos. Castelar. 2. Volúmenes.
- La Manna, L; C Rostagno; CG Buduba; J Irisarri & A Navas. 2016. Determinaciones de granulometría en suelos volcánicos: comparación entre distintos métodos analíticos. *Ciencia del suelo*, 34(2), 355-364.
- Livraghi, E; E Spontón; G Preda; M Pérez Centeno & M Ejarque. 2021. La producción agropecuaria de Tierra del Fuego y sus cambios en el período intercensal.
- Mansilla, PR. 2013. Evaluación de la alteración y restauración de los ciclos biogeoquímicos en bosques de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego afectados por prácticas de manejo forestal. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad de Buenos Aires. Argentina.
- Moretto A & A Coronato. 2017. Informe técnico final: Sistema de Monitoreo y Evaluación del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación. CONICET. Sitio piloto: Ecotono fueguino. Tierra del Fuego Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- Oliva, G; L González; P Rial & E Livraghi. 2001. El ambiente en la Patagonia Austral. *Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral*, 17-80.
- Olsson, L; H Barbosa; S Bhadwal; A Cowie; K Delusca; D Flores-Renteria; K Hermans; E Jobbagy; W Kurz; D Li; DJ Sonwa & L Stringer. 2019. Land Degradation. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. In press
- Soil Survey Staff (12 ed.). 2014. *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.





## **DESARROLLO DE SENSOR DE HUMEDAD DE BAJO COSTO PARA APLICACIONES EN RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO**

Obligado, R.C.<sup>1</sup>, J.J. Molina Márquez <sup>1</sup>, A.E. Dolinko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Catedra de Física, San Martín 4453 (1417), Capital Federal, Argentina.

<https://www.agro.uba.ar/catedras/fisica>

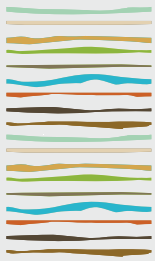
\* robligad@agro.uba.ar

### **RESUMEN**

El riego por goteo, en particular el de tipo subterráneo, es más eficiente que el superficial para generar el bulbo de humedad. Sin embargo, el primero tiene la desventaja de que las raíces pueden obturar los orificios de salida. Por otro lado, es importante controlar la profundidad y extensión lateral de penetración del bulbo húmedo para garantizar una correcta distribución del agua en el perfil del suelo que garantice la extracción por parte de las raíces. En consecuencia, es importante contar con un sistema de sensores de humedad de bajo costo en riego por goteo subterráneo en múltiples puntos, que sea preciso y que permita obtener la distribución espacial de la humedad en el suelo en dos o tres dimensiones para poder evaluar las zonas de posibles obstrucciones del sistema de goteo subterráneo. En este trabajo, se presenta el desarrollo de un sensor de humedad basado en la medición de conductividad eléctrica. El mismo consiste en un par de electrodos en los cuales se inyecta tensión en el suelo y se mide la corriente eléctrica resultante, con lo cual se obtiene la resistencia correspondiente. El objetivo es encontrar el factor geométrico, en base a la configuración eléctrica, para hallar la resistividad eléctrica (inversa de la conductividad) del suelo en las inmediaciones del sensor. Para esto se aplicó una simulación eléctrica computacional que permite reproducir digitalmente las condiciones de medición para evaluar dicho factor geométrico, calibrando la respuesta con mediciones experimentales de resistividad, para obtener el diseño óptimo del sensor y poder evaluar su robustez de manera virtual. Se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo del sensor propuesto.

**Palabras clave:** sensor, conductividad, riego





## DISTRIBUCIÓN TRIDIMENSIONAL DE LA COMPACTACION EN SUELOS BAJO TRÁNSITO CONTROLADO: ANÁLISIS DEL INTERVALO HÍDRICO ÓPTIMO

Oggero, E.<sup>1,\*</sup>, M.J. Masola<sup>2</sup>, M. Simonutti<sup>1,2</sup>, J.G. Nicolier<sup>2</sup>, S. Imhoff<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>CiAgro Litoral-CONICET-UNL, Esperanza, Santa Fe;

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias-UNL, Esperanza, Santa Fe;

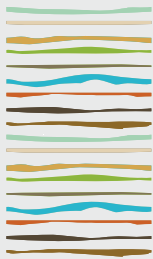
\* Kreder 2805, (3080) Esperanza, Prov. De Santa Fe, eugenia.oggero@gmail.com

### RESUMEN

Un suelo fértil es capaz de brindar un ambiente óptimo para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, actualmente, la compactación causada por las maquinarias está produciendo disminución de la fertilidad física de los suelos. El tránsito de maquinarias cada vez más pesadas genera degradación de la estructura, aumenta la densidad, reduce la capacidad de aireación y retención de agua del suelo e incrementa la resistencia a la penetración (RP) de las raíces. El Tránsito Controlado (TC) ha sido propuesto como una alternativa de prevención y mitigación de la compactación cuyo objetivo es reducir el tránsito de la maquinaria al 10-15% del lote, en sendas de tránsito permanente (STP), mientras que el resto del lote permanece libre de compactación (ACP), por lo que mejoran las propiedades físicas mencionadas. El Intervalo Hídrico Óptimo (IHO) es un indicador que considera que un suelo es propicio para el desarrollo de las raíces cuando puede proveer un 10-15% de aireación, agua disponible en el rango de agua útil y una RP inferior a 2-3MPa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la distribución de la compactación en dos suelos con rotación agrícola en siembra directa y TC a través de la comparación del IHO medido en las STP y áreas de cultivo permanente (ACP). En suelos Argiudoles típicos ubicados en la provincia de Santa Fe cercanos a las localidades de Aurelia y Videla con rotaciones agrícolas continuas; hace 7 años se realizó una descompactación inicial con paratill y posteriormente se establecieron ensayos de TC en parcelas divididas con 3 tratamientos con 3 repeticiones: T0: las STP quedaron determinadas por el paso del tractor a la siembra; T1 y T2: las STP se establecieron antes de la siembra pasando con una cosechadora hasta alcanzar una RP de 2MPa y 4MPa, respectivamente. A partir de ese momento se realizó el mismo manejo en todas las parcelas. Luego de 5 años y durante 2 campañas consecutivas (2019-2020 y 2020-2021) se colectaron muestras no disturbadas en las STP y ACP en dos profundidades (0-10 y 10-20 cm) y se determinó el IHO. En Aurelia, en la campaña 2019-2020, se observó que en T0 no hubo diferencias entre STP y ACP mientras que el IHO fue mayor en ACP en T1 y T2. En 2020-2021, el IHO fue significativamente mayor en ACP en todos los tratamientos. En la localidad de Videla, en la campaña 2019-2020, el IHO en superficie fue mayor que en profundidad y en ACP>STP para todos los tratamientos. En 2020-2021, en T1 y T2 el IHO fue mayor en superficie que en profundidad; mientras que en T0 no hubo diferencia entre profundidades ni posiciones de muestreo. En general, los resultados demuestran que el IHO es mayor en ACP que en STP (con excepción de T0) y que disminuye a medida que descendemos en el perfil, por lo que el TC puede considerarse como una alternativa propicia para mejorar la fertilidad física en el estrato en que se desarrolla la mayor proporción de raíces en los suelos agrícolas.

**Palabras clave:** intervalo hídrico óptimo, tránsito controlado, compactación.





## **EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRÁNSITO CONTROLADO EN LA DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS DEL SUELO**

Oggero, E.<sup>1,\*</sup>, C. Tossolini<sup>2</sup>, C. Camacho<sup>2</sup>, S. Sella<sup>2</sup>, J. Culasso<sup>2</sup>, J.G. Nicolier<sup>2</sup>, S. Imhoff<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ICiAgro Litoral-CONICET-UNL, Esperanza, Santa Fe;

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias-UNL, Esperanza, Santa Fe;

\* Kreder 2805, (3080) Esperanza, Prov. De Santa Fe, [eugenia.oggero@gmail.com](mailto:eugenia.oggero@gmail.com)

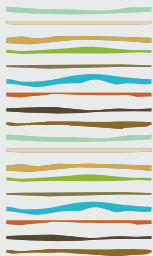
### **RESUMEN**

La eco-intensificación de los sistemas productivos actuales propone un aumento en la productividad sin causar degradación irreversible del suelo. Con este fin, el tránsito controlado (TC) surge como una práctica de manejo sustentable en la que se restringe el tránsito de la maquinaria con altas cargas por eje a sendas de tránsito permanente (STP), lo que induce una mejora en las propiedades físicas en el resto de la superficie del lote. El objetivo de este sistema es incrementar la transitabilidad y capacidad portante del suelo en las STP, mientras que en las áreas libres de compactación (ALC) disminuye la degradación del suelo, incrementando la estructuración, agregación, aireación y capacidad de retención de agua, permitiendo al suelo cumplir con sus funciones eco-sistémicas y productivas. La distribución de agregados ha sido propuesta como un índice para evaluar el diámetro medio de agregados presentes en el suelo y la proporción de agregados más adecuados (2-10 mm), para proveer un adecuado suministro de agua, aire y nutrientes para el desarrollo de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la distribución de los agregados del suelo en un ensayo de 7 años de duración, manejado con rotación agrícola en siembra directa y TC en tres posiciones, a saber: el centro de la STP, el borde de la STP y ALC. El ensayo se estableció en un Argiudol típico del centro de la provincia de Santa Fe, luego de descompactar el suelo por única vez. Se realizó un diseño en bloques (3) con 3 tratamientos con parcelas divididas, siendo los tratamientos los niveles crecientes de compactación en las STP: T0 sin compactación al inicio del ensayo en las STP, T1: se compactó la STP hasta que la resistencia a la penetración llegó a 2 MPa, y T2: la STP se compactó hasta llegar a 4 MPa. Luego de 7 años se tomaron muestras no disturbadas con pala en 3 posiciones: centro de la huella (A), borde de la huella (B) y en el centro del ALC (C). Se evaluó la distribución de agregados y diámetro medio geométrico (DMG) siguiendo la metodología propuesta por Imhoff et al. (2000). La distribución de los agregados varió significativamente con la posición de muestreo en relación a la STP. La posición C tuvo significativamente una mayor proporción de agregados entre 13,4-7,93 mm, mientras que las posiciones A y B tuvieron una mayor proporción de agregados de menor tamaño (<2 mm). El DMG fue mayor en el ALC (2,13mm) mientras que las posiciones A (1,57mm) y B (1,57mm) fue inferior al considerado adecuado agrónomicamente (2-10 mm). Las diferencias obtenidas entre las distintas posiciones demuestran que las propiedades físicas mejoran desde la huella hacia zonas libres de tránsito. Por lo tanto, puede concluirse que el TC, sistema que reduce el tránsito de la maquinaria al 15-20 % del lote, es una práctica de manejo que favorece la regeneración de la estructura de los suelos y que, consecuentemente, contribuye a que los sistemas productivos sean más sustentables productiva y ambientalmente.

**Palabras clave:** estructura, agregación, compactación.







## **ESTIMACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO CENTRO-ANDINO DEL ECUADOR UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO**

Ordoñez, A.H.<sup>1</sup>, M.M. Echeverría<sup>1</sup>, J.C. Orbe<sup>1</sup>

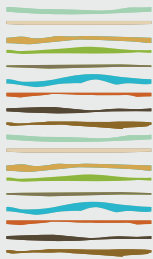
<sup>1</sup> Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y el Cambio Climático GIDAC; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH- Ecuador;

\* Panamericana Sur, Km 1 ½, (EC060155) angel.ordonez@esPOCH.edu.ec

### **RESUMEN**

La estimación mediante modelos de machine learning ha cobrado una gran relevancia en la actualidad por su confiabilidad en las predicciones y la optimización de recursos genera. En el presente estudio se analizan los datos de Carbono Orgánico del suelo obtenidos de la cuenca alta del río Pastaza, en el centro Andino del Ecuador, mediante tres técnicas de estimación: máquinas de vectores de soporte, Árboles de Decisión y Redes Neuronales, a partir de varios de sus algoritmos más conocidos. Se ejecutan dichas técnicas en datos sobre las propiedades físico-químicas del suelo (lugar, pH, profundidad, conductividad, textura, color, porcentaje de carbono orgánico, altitud, litología y estructura) con el fin de estimar su contenido de Carbono orgánico en toneladas por hectárea (ton/ha). Los datos utilizados comprenden una muestra 288 puntos a dos profundidades. Se determinó que los tres modelos generan resultados de estimación adecuados según sus índices de exactitud, sobresaliendo los métodos de Redes Neuronales algoritmo Resilient Backpropagation, y Árboles de Decisión con valores de R<sup>2</sup> equivalentes a 0.8.

**Palabras clave:** Carbono Orgánico del suelo, Aprendizaje automático.



## EVALUACIÓN DE MIP OES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE MICROELEMENTOS EXTRAÍDOS DE SUELO CON DTPA-TEA

Perez M. <sup>1</sup>; D. Brunello<sup>2</sup>; F. Cora Jofré, <sup>2,3</sup>; N. Kloster <sup>1\*</sup>, M. Savio<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA, ruta Nac. N° 5 km 580, 6326 Anguil, La Pampa, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Av. Uruguay 151, 6300 Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP), Mendoza 109, L6302EPA Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Kloster.nanci@inta.gov.ar

### RESUMEN

Los métodos de análisis de microelementos en suelo, zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn), comprenden dos etapas: una de extracción, comúnmente con solución de ácido dietilentiainopentaacético-trietanolamina (DTPA-TEA), y otra de cuantificación. Esta última etapa se realiza empleando espectrometrías atómicas de distinta naturaleza: de absorción (FAAS), de emisión acoplada a plasma de argón (ICP OES) o empleando una tecnología emergente de emisión atómica con plasma inducido por microondas (MIP OES), la cual presenta además de la ventaja del análisis multielemental el menor costo de operación. El objetivo de este trabajo fue validar la técnica analítica de MIP OES para la cuantificación de Zn, Cu, Fe y Mn extraídos con DTPA-TEA en muestras de suelo. Para ello se utilizaron 17 muestras de suelo superficial de la Región Semiárida Pampeana, que fueron previamente caracterizadas mediante la determinación de fósforo extractable, materia orgánica, pH y arcilla+limo. Los resultados referidos a la cuantificación de microelementos obtenidos mediante MIP OES son aceptables en cuanto a su exactitud (veracidad y precisión comparados con FAAS) y linealidad. La sensibilidad analítica de MIP OES fue menor y el límite de cuantificación para los 4 elementos fue mayor que FAAS, aunque MIP OES presenta la ventaja de su mayor rango lineal, lo cual reduce la necesidad de diluciones al momento de la cuantificación. Se concluye que MIP OES es una técnica prometedora para análisis de microelementos en suelos, aunque más estudios son necesarios para definir el alcance de su aplicación para la cuantificación de elementos críticos como el Zn.

**Palabras clave:** Análisis multielemental, Absorción atómica, Emisión atómica.

### INTRODUCCION

Las espectrometrías atómicas son ampliamente utilizadas en química analítica para la detección cuantitativa de elementos, empleando la absorción o emisión de radiación electromagnética de átomos libres en estado gaseoso (Welz & Sperling, 2007). La espectrometría de absorción atómica con llama (FAAS) y la espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES) son probablemente hoy en día las técnicas más robustas para análisis de rutina. Mientras que FAAS permite analizar un elemento a la vez (Pereiro-García *et al.*, 2013), ICP OES es un método de análisis multielemental, aunque de mayor costo. Una alternativa para el análisis multielemental en simultáneo es la espectrometría de emisión atómica con plasma inducido por microondas (MIP OES, o alternativamente denominada MP AES), una nueva generación de técnicas de plasma generado a partir de nitrógeno, que resulta ser uno de los métodos analíticos más versátiles en la actualidad (Balaram, 2020). Sus ventajas principales, además de la detección simultánea multielemental, están relacionadas a su alta sensibilidad, amplio rango de respuesta lineal y menor costo de mantenimiento que las espectrometrías atómicas clásicas. En un trabajo previo, Cora Jofré *et al.* (2020) validaron la performance de MIP OES frente a FAAS para la determinación de cationes intercambiables en suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aptitud de la espectrometría multielemental MIP OES para cuantificar



los elementos Zn, Cu, Fe y Mn extractables en suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestras de suelo

Para la comparación de las técnicas analíticas, se utilizaron 17 muestras de suelo de la Región Semiárida Pampeana, extraídas de horizontes superficiales de suelo (20 cm) las cuales se secaron y tamizaron a 2 mm. Luego se caracterizaron de acuerdo a sus propiedades físico químicas analizando textura (Bouyoucos, 1962), materia orgánica (Walkley & Black, 1934), fósforo extractable (Bray & Kurtz, 1945) y pH en relación suelo:agua 1:2,5.

### Reactivos y soluciones

La extracción de Zn, Cu, Fe y Mn se realizó empleando como solución de extracción ácido dietilentriamino-pentaacético-trietanolamina (DTPA-TEA), la solución más comúnmente utilizada en Argentina para la extracción de microelementos en suelo (Barbieri *et al.*, 2017; Gannini-Kurina *et al.*, 2021). Reactivos de calidad p.a. fueron empleados para preparar la solución de extracción: DTPA (0,005 mol L<sup>-1</sup>), TEA (0,1 mol L<sup>-1</sup>) y cloruro de calcio (0,01 mol L<sup>-1</sup>), pH 7,3. La extracción se realizó a partir de 10 g de suelo y 20 mL de solución de extracción (relación 1:2 suelo:solución), agitando en agitador vaivén a 120 gpm durante 2 h. Luego se centrifugó la suspensión y finalmente se filtró con papel de filtro tipo banda azul (JP42) para la obtención de un extracto límpido. Soluciones estándar certificadas Certipure (Merck) y Plasma Cal (Science) 1000 mg L<sup>-1</sup> se utilizaron para preparar las soluciones de calibración del instrumental. Tanto las soluciones de calibración como las diluciones de muestras fueron preparadas en la solución DTPA-TEA para reducir los efectos de matriz.

### Instrumental

La cuantificación de Zn, Cu, Fe y Mn en los extractos de suelo se realizó utilizando dos espectrometrías: FAAS y MIP OES, para lo cual se utilizaron dos equipos diferentes. Un espectrómetro de absorción atómica PinAAcle 900H (Perkin Elmer), equipado con software Winlab, con el cual se analizaron los elementos en modo absorción con multilámpara de cátodo hueco; y un espectrómetro de emisión atómica con plasma inducido por microondas MP40 (Agilent) el cual realiza la determinación simultánea de los cuatro elementos. Las condiciones instrumentales utilizadas se muestran en la Tabla 1. En ambos equipos se realizaron curvas de calibración con 6 concentraciones de cada elemento, cada una fue preparada en tres réplicas independientes.

Tabla 1. Condiciones instrumentales seleccionadas para el análisis mediante espectrometrías atómicas.

Elemento	FAAS		MIP OES	
	Longitud de onda (nm)	Linealidad de Calibración (mgL <sup>-1</sup> )	Longitud de onda (nm)	Linealidad de Calibración (mgL <sup>-1</sup> )
Zn	213,9	1	481,0	1
Cu	324,8	2	324,7	2
Fe	248,3	6	317,9	150
Mn	279,5	2	403,0	20

### Validación del método instrumental: MIP OES

Una vez optimizado el funcionamiento de los equipos se evaluaron los siguientes parámetros a fin de validar la aptitud de MIP OES para la determinación de Zn, Cu, Fe y Mn: veracidad, precisión, rango de trabajo, límites de detección y cuantificación y sensibilidad analítica (Currie, 1995; Olivieri, 2014). La veracidad de un método analítico expresa la cercanía entre el valor medido y el valor de referencia. Debido a que no se contó con una muestra de referencia para los elementos extractables estudiados en suelo, se estimó la veracidad en MIP OES, una técnica instrumental relativamente emergente, a través de la comparación de los resultados frente a FAAS, una técnica instrumental de mayor popularidad. La precisión se evaluó a partir de la desviación estándar relativa de las muestras analizadas por triplicado. La linealidad se estudió a partir del coeficiente



de correlación lineal ( $R^2$ ) (aceptable  $R^2 > 0,99$ ). Los límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) se obtuvieron de acuerdo a las recomendaciones de la IUPAC (Mocak *et al.*, 1997), expresados en unidades de concentración que se derivan de la curva de calibración. El LOD se estima a partir del nivel de señal promedio y las desviaciones estándar para mediciones repetidas de una muestra blanco, considerando la medida de la señal y la desviación estándar. La sensibilidad analítica se calculó a partir de la relación entre la sensibilidad de la calibración (pendiente de la curva de calibración) y el ruido instrumental, lo cual permite comparar dos técnicas instrumentales basadas en respuestas de diferente naturaleza (absorción atómica para FAAS y emisión atómica para MIP OES) (Danzer & Currie, 1998).

Los análisis estadísticos se realizaron empleando el software Microsoft Office Excel 2007 e INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2015). La comparación de varianzas de Fisher se aplicó para evaluar la homogeneidad de los datos. Las calibraciones se realizaron ajustando las líneas con el criterio de mínimos cuadrados. Diferencias significativas entre técnicas instrumentales se analizaron por comparación de medias aplicando un test t. Todos los test fueron evaluados a 95 % de nivel de confianza.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 2 muestra las propiedades físico-químicas de las muestras utilizadas: fósforo extractable, materia orgánica, pH en relación suelo:agua 1:2,5 y arcilla+limo. Las muestras utilizadas corresponden a suelos de textura franca a arenosa, característicos de la Región Semiárida Pampeana.

Tabla 2. Propiedades físico-químicas promedio de las muestras de suelo utilizadas en el estudio. Los valores en paréntesis indican el mínimo y máximo de cada parámetro.

<b>Fósforo</b> (mg Kg <sup>-1</sup> )	<b>Materia Orgánica</b> (%)	<b>pH 1:2,5</b>	<b>Arcilla+Limo</b> (%)
28,9	1,9	6,5	34
(4,5-59,3)	(0,8-3,5)	(5,4-7,0)	(10-56)

Los resultados de la *veracidad* determinada por comparación de las dos técnicas instrumentales se muestran en la Figura 1, empleando un gráfico de correlación donde cada punto representa una muestra simple analizada por triplicado por ambas técnicas.



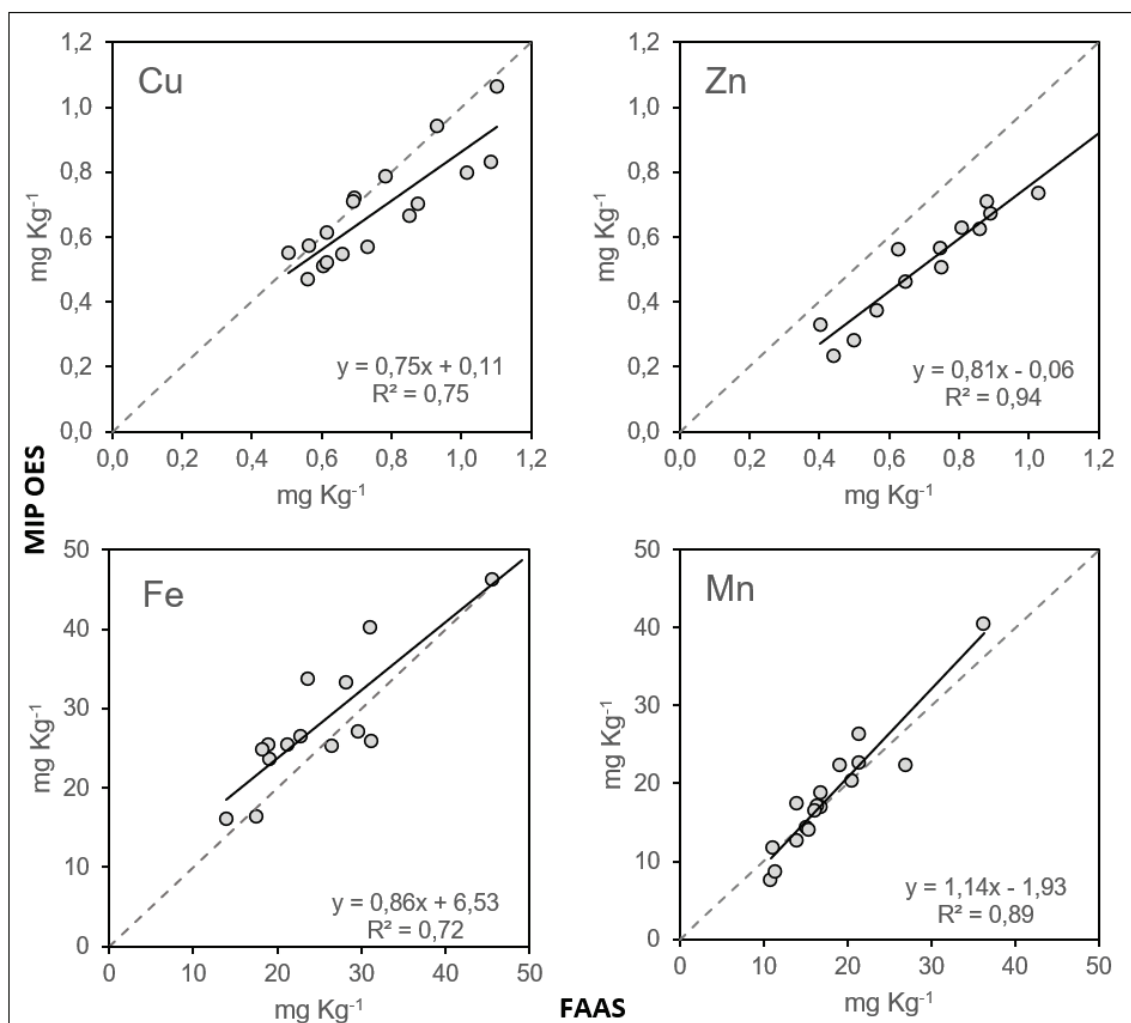


Figura 1. Comparación de métodos instrumentales, MIP OES vs. FAAS, en la determinación de Cu, Zn, Fe y Mn con solución de extracción DTPA-TEA. La línea punteada representa la recta  $y=x$ .

Si cada muestra arroja un resultado idéntico por ambas técnicas, la línea de regresión tendría una ordenada al origen igual a 0 y una pendiente y coeficiente de correlación igual a 1. Los resultados de veracidad obtenidos en este estudio varían de acuerdo al elemento analizado. Para el Mn los resultados de veracidad obtenidos se aproximan a la recta ideal ( $y=x$ ) ( $R^2=0,89$ ). Esto implica que los resultados obtenidos por MIP OES y FAAS son equivalentes. Para el Zn los resultados se observan más bien paralelos a la recta ideal ( $y=x$ ), con un coeficiente  $R^2=0,94$ , indicando que los resultados obtenidos por FAAS son sensiblemente superiores a los obtenidos mediante MIP OES. En el caso de Cu y Fe los resultados muestran una relación lineal entre las dos técnicas instrumentales ( $R^2=0,75$  y  $0,72$  respectivamente), aunque la dispersión observada presupone que son necesarios más estudios para corroborar la ecuación de correlación lineal entre las técnicas y/o evaluar los factores que producen dicha dispersión en los resultados de análisis de Cu y Fe extractables con DTPA-TEA en suelos.

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos para los demás parámetros en el estudio de validación. La *precisión* de ambos instrumentos arrojó resultados dentro del criterio de aceptación  $DER \leq 20\%$ . Las dos técnicas analíticas alcanzan los criterios de aceptación establecidos para el parámetro *linealidad* ( $R^2 \geq 0,99$ ), aunque MIP OES tiene un mayor *rango dinámico lineal* que FAAS, lo cual es ventajoso dado que reduce la necesidad de realizar diluciones previas a la lectura de los extractos de suelo (Balaram, 2020). En todos los casos FAAS arrojó mejores LODs y LOQs que MIP OES. Esto es particularmente importante para la determinación de Zn y Cu extractables con DTPA-TEA en suelos, cuyas concentraciones críticas se definen alrededor de 1,00 mg

Kg<sup>-1</sup> (Barbieri, et al., 2017). Por lo cual, al momento de seleccionar un instrumento de cuantificación es necesario verificar que el LOQ esté por debajo de las concentraciones críticas a cuantificar. Si bien en la literatura algunos trabajos indican que en general los valores LOQs en MIP OES son mejores que en FAAS (Niedzielski, et al., 2015; Ozbek & Akman, 2016), lo cual no se corresponde con los resultados de este trabajo, son necesarios más estudios para verificar el alcance de estas diferencias entre técnicas instrumentales para cada elemento en muestras de suelo.

Tabla 3. Parámetros de validación para el análisis de Zn, Cu, Fe y Mn en solución DTPA-TEA empleando FAAS y MIP OES.

	Anali- to	Pendiente *	Intercep-y*	R <sup>2</sup>	Sensibil. analítica	LOD (mg Kg <sup>-1</sup> )	LOQ (mg Kg <sup>-1</sup> )	DER máx (%)	Rango (mg Kg <sup>-1</sup> )
<b>FAAS</b>	Zn	0,289	0,0044	0,99	49,2	0,10	0,30	8,90	0,30-2
	Cu	0,082	0,0006	0,99	110,0	0,04	0,13	15,7	0,13-4
	Fe	0,051	0,0072	0,99	15,9	0,33	1,00	15,9	1,00-12
	Mn	0,096	0,0010	0,99	26,0	0,19	0,58	14,5	0,58-4
<b>MI- POES</b>	Zn	14.112	1.409,8	0,99	12,6	0,34	1,04	14,9	1,04-2
	Cu	140.982	1.664,3	0,99	13,9	0,31	0,94	17,5	0,94-4
	Fe	8.618	4.072,1	0,99	0,4	11,4	34,5	21,4	34-300
	Mn	58.926	-5.283,7	0,99	3,7	1,13	3,44	6,90	3,44-40

\*El número de dígitos significativos está en función de la respuesta generada por el equipo para cada elemento.

La *sensibilidad analítica* es un parámetro relevante para comparar técnicas instrumentales que arrojan diferente señal, tal como MIP OES y FAAS, dentro de un mismo rango de concentraciones. Como puede verse en la Tabla 3, la sensibilidad analítica empleando FAAS es mayor que MIP OES para todos los elementos estudiados, siendo hasta un orden de magnitud superior para los elementos Cu, Fe y Mn.

## CONCLUSIONES

La técnica instrumental MIP OES arrojó resultados prometedores para su aplicación en la determinación de Zn, Cu, Fe y Mn extractables con DTPA-TEA en muestras de suelo, debido a que es una técnica de análisis multielemental, de mayor rango lineal y menor costo comparada con FAAS. Más estudios son necesarios para corroborar el alcance de aplicación de MIP OES para cada elemento, principalmente aquellos que pueden ser deficientes en los suelos de Argentina, tal como el Zn.

## BIBLIOGRAFIA

- Balaram, V. 2020. Microwave plasma atomic emission spectrometry (MP-AES) and its applications – A critical review. *Microchemical Journal* 159:1054-1083.
- Barbieri, P; H Sainz Rozas; N Wyngaard; M Eyherabide; N Reussi Calvo; F Salvagiotti; A Correndo; P Barbagelata; G Espósito Goya; J Colazo & H Echeverría. 2017. Can Edaphic Variables Improve DTPA-based Zinc diagnosis in Corn?. *Soil Science Society of American Journal* 81(3):556-563.
- Bouyoucos, GJ. 1962. Hydrometer method for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 464-465.
- Bray, R H & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59:39-45.
- Cora Jofré, F, M Pérez, N Kloster & M Savio. 2020. Analytical methods assessment for exchangeable cations analysis in soil: MIP OES appraisalment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 51(16):2205-2214.
- Currie, LA. 1995. Nomenclature in evaluation of analytical methods including detection and quantification capabilities (IUPAC recommendations 1995). *Pure and Applied Chemistry*.
- Danzer, K & LA Currie. 1998. Guidelines for calibration in analytical chemistry. Part I. Fundamentals and single component calibration. *Pure Applied Chemistry* 70:993-1014.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada; CW Robledo. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad



Nacional de Córdoba, Argentina.

Gannini-Kurina, F; M Balzarini; J Koritschoner; A Rampoldi & S Hang. 2021. Modelos para la conversión de las concentraciones de Fe, Mn, Cu y Zn entre los métodos Mehlich-3 y DTPA-TEA en suelos de Córdoba. *Ciencia del Suelo* 39(2):1-15.

Mocak, J; A Bond; S Mitchell & G Scollary. 1997. A statistical overview of standard (IUPAC and ACS) and new procedures for determining the limits of detection and quantification: application to voltammetric and stripping techniques. *Pure & Applied Chemistry* 69(2):297-328.

Niedzielski, P; L Kozaka; M Wachelkaa; K Jakubowski & J Wybieralska. 2015. The microwave induced plasma with optical emission spectrometry (MIP-OES) in 23 elements determination in geological samples. *Talanta* 132:591-599.

Olivieri, AC. 2014. Analytical Figures of Merit: From Univariate to Multiway Calibration. *Chemical Reviews* 114:5358-78.

Ozbek, N & S Akman. 2016. Microwave plasma atomic emission spectrometric determination of Ca, K and Mg in various cheese varieties. *Food Chemistry* 192:295-298.

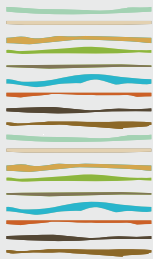
Pereiro-García, R; JM Andrade-Garda; AS Medel; J Costa Fernandez; X Tomas-Morer; J Ferré-Baldrich & L González-Sabaté. 2013. Basic Chemometric Techniques in Atomic Spectroscopy. Royal Society of Chemistry.

Walkley, A & I A Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

Welz, B & M Sperling (Eds). 2007. Frontmatter, Atomic Absorption Spectrometry. Verlag GmbH: Wiley-VCH.







## ¿LA PROMOCIÓN DE *LOTUS TENUIS* EN SUELOS HIDROHALOMÓRFICOS INCREMENTA EL ALMACENAJE DE CARBONO?

Perez, M. G<sup>1\*</sup>, R. Romaniuk<sup>2</sup>, J. Otondo<sup>3</sup>, E. Melani<sup>3</sup>, M. Bailleres<sup>4</sup>, F. Garelo<sup>1,4</sup>, A. Costantini<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Edafología, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

\* Avenida San Martín 4453. Capital Federal. Argentina. [mgperez@agro.uba.ar](mailto:mgperez@agro.uba.ar)

<sup>2</sup> Instituto de Suelos, Centro de Investigación de Recursos Naturales, INTA.

<sup>3</sup> EEA Cuenca del Salado, INTA AER Chascomús.

<sup>4</sup> Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires.

### RESUMEN

En las últimas décadas la importancia dada al almacenamiento de C orgánico del suelo (COS) se incrementó fuertemente por ser una alternativa de mitigación a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En la Cuenca del Salado, principal región ganadera de nuestro país, se extendió la práctica de promoción de *Lotus tenuis*, que consiste en favorecer el crecimiento de esta leguminosa a fin del invierno, mejorando su capacidad de competencia respecto de otras herbáceas. La hipótesis planteada en este trabajo fue que la presencia de la leguminosa en el pastizal favorecería el almacenaje de COS. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la promoción de *Lotus tenuis* sobre el almacenaje de C en un suelo hidro-halomórfico de pastizal dedicado a la ganadería. Para ello se seleccionaron lotes con y sin promoción de *Lotus* en suelos hidrohalomórficos (n=3) y se realizaron calicatas de las que se obtuvieron muestras de suelo para analizar carbono orgánico total (COT) y densidad aparente. Las muestras se tomaron hasta una profundidad de un metro. El stock de C a los 30 cm no presentó diferencias significativas entre tratamientos mientras que el stock de C hasta el metro de profundidad fue significativamente mayor en situaciones sin promoción de *Lotus*. Esto podría ocurrir porque al lograrse una gran cobertura de leguminosas con la práctica de promoción, disminuya mucho el número de gramíneas en la composición del pastizal y el ingreso de C se vea afectado. Concluimos que en las condiciones de este ensayo los suelos bajo pastizales con predominio de gramíneas presentaron mayor almacenaje de C al metro de profundidad respecto a aquellos promocionados con *Lotus tenuis*.

**Palabras clave:** secuestro de C, leguminosas, pastizal.

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la importancia del almacenamiento de C orgánico del suelo se ha incrementado, ya que además de las características benéficas que proporciona al suelo, es una forma de mitigar el calentamiento del planeta, compensando los eq CO<sub>2</sub> emitidos por la actividad agropecuaria. En este contexto si bien el sector ganadero mundial contribuye con una parte importante de las emisiones GEI antropogénicas, también podría colaborar de manera importante con los esfuerzos de mitigación (Gerber et al., 2013; Viglizzo et al., 2014).

En la provincia de Buenos Aires, el 48% de las existencias ganaderas, se encuentra en la región de la Cuenca del Salado, siendo la zona de cría más importante de la región. En esta zona, se lleva a cabo una práctica con el *Lotus tenuis* conocida como promoción, destinada a mejorar la receptividad y calidad de los pastizales (Nieva et al., 2016; Nieva et al., 2018). Esta práctica se basa en favorecer el crecimiento de esta especie a fin del invierno, mejorando su capacidad de competencia respecto de otras herbáceas.

Aunque, se cree que la mayor presencia de leguminosas en los pastizales podría favorecer las emisiones de



N<sub>2</sub>O, por mayor disponibilidad de N, también podría mejorar las condiciones físicas de los suelos, e incrementar el almacenaje de C por aporte de material de baja relación C/N (Sisti et al., 2004). La hipótesis planteada en este trabajo fue que la presencia de la leguminosa en el pastizal favorecería el almacenaje de C. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la promoción de *Lotus tenuis* sobre el almacenaje de C en un suelo hidro-halomórfico de pastizal dedicado a la ganadería.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

El experimento fue llevado a cabo en la Chacra Experimental Manantiales ubicada en el partido de Chascomus. La fisonomía de la vegetación dominante es de pastizal herbáceo modificado de altura media y alta. La región abarca una extensa llanura anegable dominada por la presencia de suelos hidro-halomórficos cuya escasa pendiente no ha permitido el desarrollo de una red de drenaje importante, por esa razón, entre otras, son suelos en general considerados no aptos para la actividad agrícola. Allí se han seleccionado lotes ganaderos con 12 años de promoción de *Lotus tenuis* y sin promoción de *Lotus tenuis* en suelos hidrohalomórficos (n=3).

### Carbono orgánico total

Se obtuvieron muestras de suelo para determinar carbono orgánico total (COT) y para densidad aparente con el Método del cilindro (Burke et al., 1986). Las muestras se tomaron a las profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70, 70-100 cm. Las determinaciones de COT se realizaron con auto analizador de combustión completa (LECO, Corporation, St. MI, USA). Previo al análisis, a cada muestra se le determinó cualitativamente la presencia o ausencia de carbonatos con ácido clorhídrico; en los casos en que la reacción fue positiva, a cada muestra se le realizó un proceso de descarbonatación con ácido clorhídrico, según lo descrito por Skjemstad & Baldock (2008).

### Corrección por unidad de masa

Para comparar los stocks de COT del perfil del suelo en las condiciones del ensayo, fue necesario realizar una corrección para llevar los perfiles de suelo a masa equivalente hasta la profundidad que se evaluó, según lo expresado matemáticamente según Sisti et al. (2004)

$$C_s = \sum_{i=1}^{n-1} C_{ti} + \left[ M_{tn} - \left( \sum_{i=1}^n M_{ti} - \sum_{i=1}^n M_{si} \right) \right] C_{tn}$$

Donde la suma de contenido de carbono total desde la capa 1 (superficie) hasta la capa "n-1" (penúltima) del perfil de suelo del tratamiento, es la masa de la capa más profunda del perfil del tratamiento, es la suma de la masa de suelo (Mg ha<sup>-1</sup>) desde la capa 1 (superficie) a "n" (última capa) del perfil de suelo de referencia, es la suma de la masa de suelo (Mg ha<sup>-1</sup>) de la capa 1 (superficie) a "n" (última capa) del perfil del suelo del tratamiento y el contenido de C en Mg.Mg<sup>-1</sup> suelo de la última capa del perfil de un tratamiento dado.

Con esta corrección se logra que los stocks de COT sean comparables en las distintas situaciones, independientemente de que existiese algún grado de compactación variable entre los tratamientos.

### Análisis estadístico

Las diferencias entre tratamientos para COT en (g.kg<sup>-1</sup> de suelo<sup>-1</sup>) y stocks de C fueron analizadas con ANOVA y test de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de 5%

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Contenido de COT

La concentración de COT (g.kg<sup>-1</sup> suelo) en las dos capas más superficiales (0-10 y 10-20 cm) fue significativamente mayor en situaciones sin promoción de *Lotus tenuis* (Figura 1).

Por debajo de 20 cm de profundidad no se vieron diferencias significativas entre los tratamientos, con excepción de la última capa donde el tratamiento con *Lotus* presenta mayor contenido de COT.



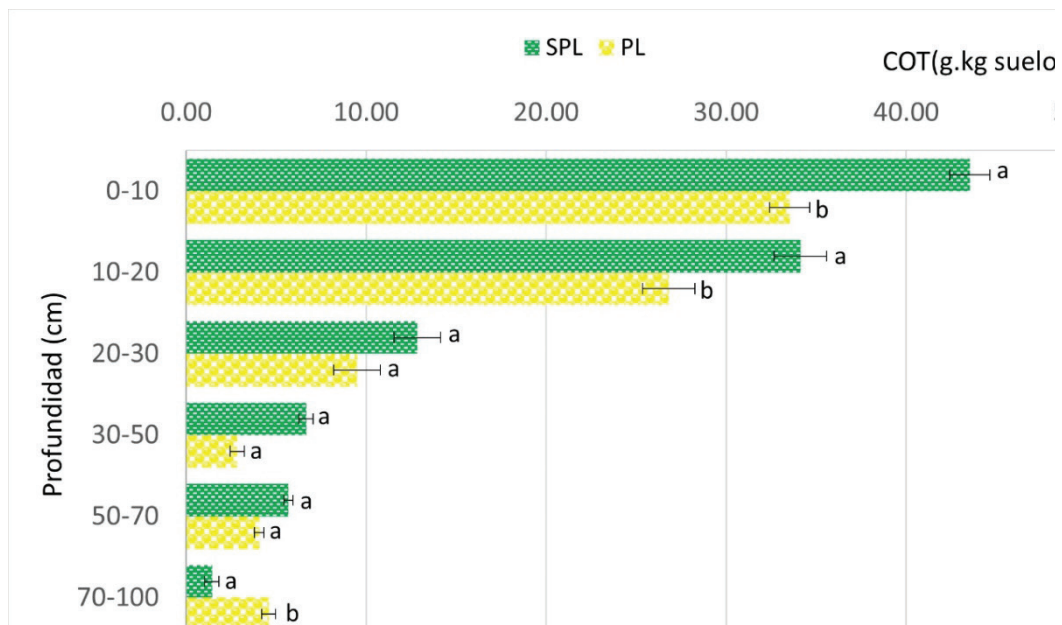
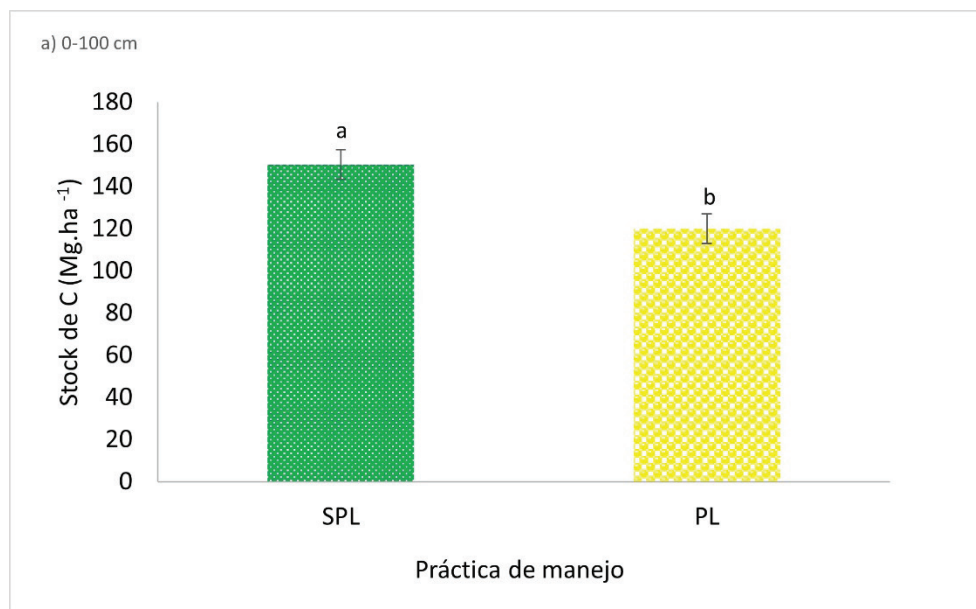


Figura 1. Contenido de COT en profundidad para suelos con promoción de Lotus (PL) y sin promoción de Lotus tenuis (SPL) de Lotus tenuis. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Del análisis de stock de COT hasta los 100 cm de profundidad surge una diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) a favor del tratamiento sin promoción de Lotus (Figura 2). Estas diferencias no se observaron cuando el análisis del stock se realizó solo hasta los 30 cm. No obstante, el stock de C hasta los 30 cm representó el 79% del stock a los 100 cm para ambos tratamientos.



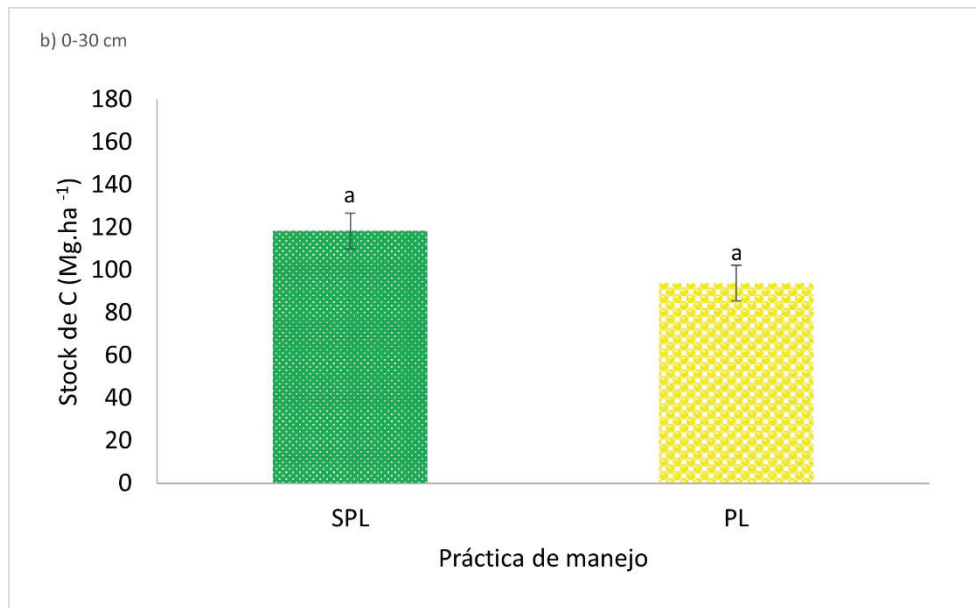


Figura 2. Stock de C (Mg. ha<sup>-1</sup>) a los 100 cm (a) y a los 30 cm (b) para suelos con(PL) y sin (SPL) promoción de *Lotus tenuis*. Las barras representan el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Con respecto a los valores de stock mayores para el pastizal sin inclusión de leguminosas este trabajo se diferencia de los de Conant et. al. (2017), quien ha observado que la inclusión de leguminosas en el pastizal incrementó el almacenaje de carbono en los suelos en varios experimentos donde los stocks de C fueron medidos a diversas profundidades entre los 20 y los 100 cm. Sin embargo, Rodríguez et. al., 2022 observaron que los efectos positivos de las leguminosas en el almacenaje de carbono podrían desaparecer cuando la composición de leguminosas en el pastizal es muy alta, al perder el equilibrio entre leguminosas y gramíneas del ecosistema. En el caso de la promoción de *Lotus tenuis* se pueden alcanzar altos niveles (90-100%) de cobertura con la leguminosa. A su vez Cong et. al. (2014) encontraron evidencia de que la entrada adicional de N dada por la fijación biológica de N no es requisito indispensable para lograr altos niveles de almacenaje de C en el suelo.

## CONCLUSIONES

En el stock de C a los 30 cm no se observaron diferencias entre tratamientos. Por el contrario, los stocks de C al metro muestran que el pastizal sin *Lotus* almacenó más carbono. Este fenómeno podría darse por la alta cobertura alcanzada en la práctica de promoción de *Lotus*. Con estos resultados rechazamos la hipótesis de que la promoción de *Lotus* tendría un mayor almacenaje de carbono, por lo menos en la duración y en las condiciones de este experimento.

## AGRADECIMIENTOS

Este documento ha sido elaborado con financiamiento proporcionado por FONTAGRO, el Ministerio de Nueva Zelanda para Industrias Primarias y PROCISUR. Las opiniones aquí expresadas son exclusivamente de los autores, y no reflejan los puntos de vista de FONTAGRO, su Directorio Ejecutivo, el Banco, el Patrocinador, Instituciones, o de los países que representan.

## BIBLIOGRAFIA

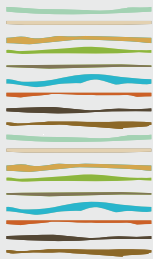
- Acosta, AP; Rossi, JL; Acosta, GR; Bailleres, M; Golluscio, R; Schor, A & Filippini, S. 2015. Grazing behavior and productive response of steers in a *Lotus tenuis* pasture. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24: 11-14.
- Burke, W; Gabriels, D & Bouma, J. 1986. Soil structure assessment: AA Balkema. Rotterdam, Netherlands, 30-31.
- Conant, RT; Cerri, CE; Osborne, BB & Paustian, K. 2017. Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecolo-*



*gical Applications*, 27(2): 662-668.

- Cong, WF; van Ruijven, J; Mommer, L; De Deyn, G. B; Berendse, F & Hoffland, E. 2014 Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. *Journal of ecology*, 102(5):1163-1170.
- Du, Z; Ren, T & Hu, C. 2010. Tillage and residue removal effects on soil carbon and nitrogen storage in the North China Plain. *Soil Science Society of America Journal*, 74(1): 196-202.
- Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Faluccci, A. y Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura FAO, Roma, Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>.
- Nieva, AS; Bailleres, MA; Corriale, MJ; Llames, ME; Menéndez, AB & Ruiz, OA. 2016. Herbicide-mediated promotion of *Lotus tenuis* (Waldst. y Kit. Ex Wild.) did not influence soil bacterial communities, in soils of the Flooding Pampa, Argentina. *Applied soil ecology*, 98: 83-91.
- Nieva, AS; Bailleres, MA; Llames, ME; Taboada, MA; Ruiz, OA & Menéndez, A. 2018. Promotion of *Lotus tenuis* in the Flooding Pampa (Argentina) increases the soil fungal diversity. *Fungal Ecology*, 33: 80-91.
- Rodríguez, A; Canals, RM & Sebastià, MT. 2022. Positive Effects of Legumes on Soil Organic Carbon Stocks Disappear at High Legume Proportions Across Natural Grasslands in the Pyrenees. *Ecosystems*, 25: 960–975. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00695-9>
- Sisti, CP; dos Santos, HP; Kohhann, R; Alves, BJ; Urquiaga, S & Boddey, RM. 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil and tillage research*, 76(1):39-58.
- Skjemstad, JO & Baldock, J. 2007. Total and organic carbon. M.R. Karter, E.G. Gregorich (Eds.), *Soil Sampling and Method of Analysis (2nd ed.)*, Canadian Society of Soil Science. CRC Press, Bocaaton, FL, US (2008)
- Viglizzo, EF1; Montero, G; Ricard, F & Sirotiuk, V. 2014. La huella del carbono en la agroindustria. 1 a ed. *Ediciones INTA, La Pampa, Argentina*.





## **BASES INTERCAMBIABLES Y MICRONUTRIENTES EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA BAJO DIFERENTES MANEJOS**

Perez, M.M.<sup>1</sup>; R. Fernández<sup>1,2</sup>; N. Kloster<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA, ruta Nac. N° 5 km 580, 6326 Anguil, La Pampa, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, 6300 Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

### **RESUMEN**

Las bases intercambiables calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) y los microelementos hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) presentes en el suelo son nutrientes esenciales para el desarrollo de plantas, animales y en última instancia, para la producción de alimentos de consumo humano. Se conoce que su concentración y disponibilidad está relacionada con la textura del suelo y con el tipo de prácticas agrícolas desarrolladas. El objetivo del trabajo fue cuantificar la disponibilidad de bases intercambiables y micronutrientes en suelos de la Región Semiárida Pampeana con diferentes texturas y situaciones de manejo. Para ello se muestrearon suelos superficiales de 3 sitios de diferente textura y con 3 prácticas de manejo: natural, conservacionista, y menos conservacionista. Las muestras de suelo se caracterizaron por sus parámetros físico químicos. Además, se cuantificó mediante espectrometría atómica el contenido de bases intercambiables, extraídas con acetato de amonio a pH 7, y de micronutrientes extraídos con solución de ácido dietilentriaminopentaacético – trietanolamina. Los resultados indican que el contenido de arcilla+limo se relaciona proporcionalmente con la materia orgánica, el nitrógeno total y la capacidad de intercambio catiónico. Se observa que la agricultura aumenta el pH del suelo, el cual afecta la disponibilidad de nutrientes. Hay una tendencia al aumento de la saturación de bases del complejo de intercambio en las prácticas menos conservacionistas respecto de la situación natural. El análisis de microelementos indica que el Zn está por debajo de los niveles críticos para el cultivo de maíz, incluso en la situación natural, línea de base de los suelos. Mientras que no se observa deficiencia de Cu, Fe o Mn en ninguno de los sitios ni prácticas de manejo. Se concluye que el Zn es un micronutriente a corregir en planteos de alta tecnología a ejecutar en suelos de la Región Semiárida Pampeana.

**Palabras clave:** clase textural, DTPA-TEA, niveles críticos.

### **INTRODUCCIÓN**

Ciertos elementos presentes en el suelo juegan un papel muy importante en su fertilidad, la cual determina directamente el crecimiento de las plantas, la nutrición animal y en última instancia la producción de alimentos para consumo humano (Moreno-Jimenez *et al.*, 2019). Los elementos se denominan macronutrientes o micronutrientes de acuerdo a la concentración requerida para el desarrollo vegetal. Elementos como hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) son micronutrientes, y se obtienen desde la solución del suelo donde están disponibles en concentraciones del orden de los mg Kg<sup>-1</sup>. Otros elementos como calcio (Ca), magnesio (Mg), y potasio (K) se macronutrientes, y además están en concentraciones más elevadas en suelo, del orden de los g Kg<sup>-1</sup>. Tanto los macro como los micronutrientes se encuentran en el suelo en diferentes formas químicas, es decir, como minerales solubles en agua, adsorbidos, quelatados, formando agregados, o bien formando parte estructural de minerales primarios y secundarios (Sparks, 1996). Aunque los cationes macronutrientes se encuentran principalmente adsorbidos al complejo de intercambio del suelo, por lo que





se conocen como bases intercambiables. La textura del suelo influye directamente sobre la disponibilidad de nutrientes, en tanto define, conjuntamente con la materia orgánica (MO), la mayor o menor superficie específica disponible para la adsorción de iones. Es decir, suelos de textura más fina, con mayor contenido de arcilla y limo (A+L) tendrán mayor superficie específica y capacidad de adsorción de iones que suelos de textura más gruesa, arenosos. Se sabe también que el manejo afecta directamente la disponibilidad de nutrientes (Sharma *et al.*, 2018). Es decir que la agricultura continua, extractiva, produce una disminución de la disponibilidad de bases intercambiables y micronutrientes por exportación de elementos en los granos, o bien indirectamente por aumento del pH del suelo, comparada con un manejo agrícola ganadero o un sitio con vegetación natural (Fernández, 2018; Kopittke *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue cuantificar la disponibilidad de bases intercambiables y micronutrientes en suelos de la Región Semiárida Pampeana con diferentes texturas y situaciones de manejo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la Región Semiárida Pampeana, se seleccionaron sitios de diferentes granulometrías, donde el sitio 1 (S1) correspondió al suelo con menor proporción de A+L, el sitio 2 (S2) con una proporción intermedia y el sitio 3 (S3) con la mayor proporción de A+L. En cada sitio, se seleccionaron tres situaciones de manejo de diferentes estados de conservación: una situación natural (N), considerada estado deseable de calidad del suelo; una situación intermedia con un manejo conservacionista (I) y una situación con un manejo de conservación baja (B). En los suelos sobre los diferentes manejos dentro de cada sitio se tomaron muestras compuestas de suelo a 20 cm de profundidad, las cuales fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm. Posteriormente se caracterizaron por sus propiedades físico químicas: fracciones texturales (Bouyoucos, 1962), materia orgánica (Walkley & Black, 1934), nitrógeno total (NT) (Bremner, 1996), y pH en relación suelo:agua 1:2,5. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) y las bases intercambiables se obtuvieron por extracción con acetato de amonio 1 mol L<sup>-1</sup> a pH 7 (Sumner & Miller, 1996). Mientras que los micronutrientes se obtuvieron por extracción con solución de ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA) 0,005 mol L<sup>-1</sup>, trietanolamina (TEA) 0,1 mol L<sup>-1</sup> y cloruro de calcio 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,3 (Sparks, 1996). Las bases intercambiables Ca y Mg y los micronutrientes se cuantificaron con espectrometría de absorción atómica, mientras que las bases intercambiables Na y K se cuantificaron mediante espectrometría de emisión atómica, empleando un espectrómetro PinAAcle 900H (Perkin Elmer). Todos los análisis se realizaron por triplicado y se evaluaron estadísticamente aplicando test de Fisher y ANOVA, con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis físico químico de las muestras de suelo se representan en la Tabla 1. En la misma se observa que la mayor proporción de A+L se relacionó con un mayor contenido de MO, NT y CIC, lo cual se corresponde con resultados de la bibliografía (Quiroga *et al.*, 2021).

Al evaluar las tres situaciones de manejo dentro de cada sitio, el suelo N presentó mayor contenido de MO y NT con diferencias significativas. Además, los suelos N tuvieron menores pH asociados a mayor actividad biológica que da lugar a mayor contenido de MO. Los suelos bajo agricultura darían lugar a mayores valores de pH del suelo, lo cual influiría directamente en la disponibilidad de nutrientes. En la misma línea, hay un aumento de la saturación de bases (SB) en las prácticas menos conservacionistas respecto de la situación N. No se observa una tendencia definitiva en la relación Ca/Mg en los tres sitios estudiados, aunque en todos los casos esta relación es menor al valor máximo recomendado de 5 unidades (Quiroga & Bono, 2012). Este parámetro debería continuar evaluándose en otros sitios para corroborar su uso como indicador de degradación química del suelo.





Tabla 1. Caracterización físico química de las muestras de suelo en los tres sitios y tres situaciones de manejo estudiadas.

Sitio	Manejo	A+L	MO	NT	pH	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	Ca/Mg
		(%)	(%)	(%)			(cmol <sub>e</sub> Kg <sup>-1</sup> )			(%)		
S1	B	14,7	0,8	0,05	6,7	6,9	3,9	1,5	0,27	1,1	98	2,6
	I	18,0	1,2	0,07	6,9	7,4	4,9	1,6	-	1,5	107	3,0
	N	10,0	2,1	0,11	5,5	9,3	5,6	1,2	0,10	0,8	83	4,6
S2	B	33,3	1,5	0,08	6,5	7,6	4,9	1,6	0,31	2,0	115	3,1
	I	35,3	1,7	0,09	6,5	8,7	4,4	1,5	0,25	1,8	92	3,0
	N	33,3	2,6	0,13	6,0	14,0	6,0	2,7	0,23	1,7	76	2,2
S3	B	52,0	1,7	0,09	6,2	14,8	7,7	2,7	0,54	2,5	91	2,8
	I	52,0	2,3	0,08	6,5	14,7	8,7	2,6	0,14	2,5	95	3,4
	N	53,6	3,5	0,17	5,4	15,1	6,2	2,0	-	1,3	63	3,0

La Figura 1 muestra la concentración de micronutrientes en las muestras de suelo de los tres sitios estudiados bajo situación natural. Las concentraciones de Zn, Cu, Mn y Fe extractables con DTPA-TEA se hallan dentro del rango observado para estos elementos en suelos áridos de todo el mundo (Moreno-Jimenez, et al., 2019). Se observa que la concentración de Zn extractable con DTPA-TEA en el suelo en situación N está por debajo de la concentración crítica definida para maíz, es decir el nivel de Zn por encima del cual el cultivo no responde a la fertilización (Barbieri, et al., 2017), en los tres sitios. A diferencia de Cu y Fe que parecen no presentar limitantes para el desarrollo de los cultivos en general, de acuerdo a los valores hallados en los suelos, en comparación con los niveles críticos (Lindsay & Norvell, 1978). Se observan concentraciones de Mn elevadas en las muestras de suelo, aunque no se hallaron en bibliografía niveles críticos para este elemento. La concentración de Mn extractable es comparable al orden de magnitud hallado para Fe, lo cual se corresponde con su comportamiento químico similar en suelos (considerando su número de oxidación predominante, 3+, e influencia del pH y condiciones redox sobre sus formas químicas). Tanto Fe como Mn muestran un orden creciente de concentración, S1<S2<S3, relacionado linealmente con el contenido de A+L de los sitios, lo cual puede asociarse al origen mineral de estos elementos. No se observa una tendencia similar para los contenidos de Zn y Cu, lo que hace suponer que la disponibilidad de estos últimos está ligada más directamente al pH del suelo. Dado que el suelo del sitio 2 presenta un pH levemente superior al pH de los sitios 1 y 3.



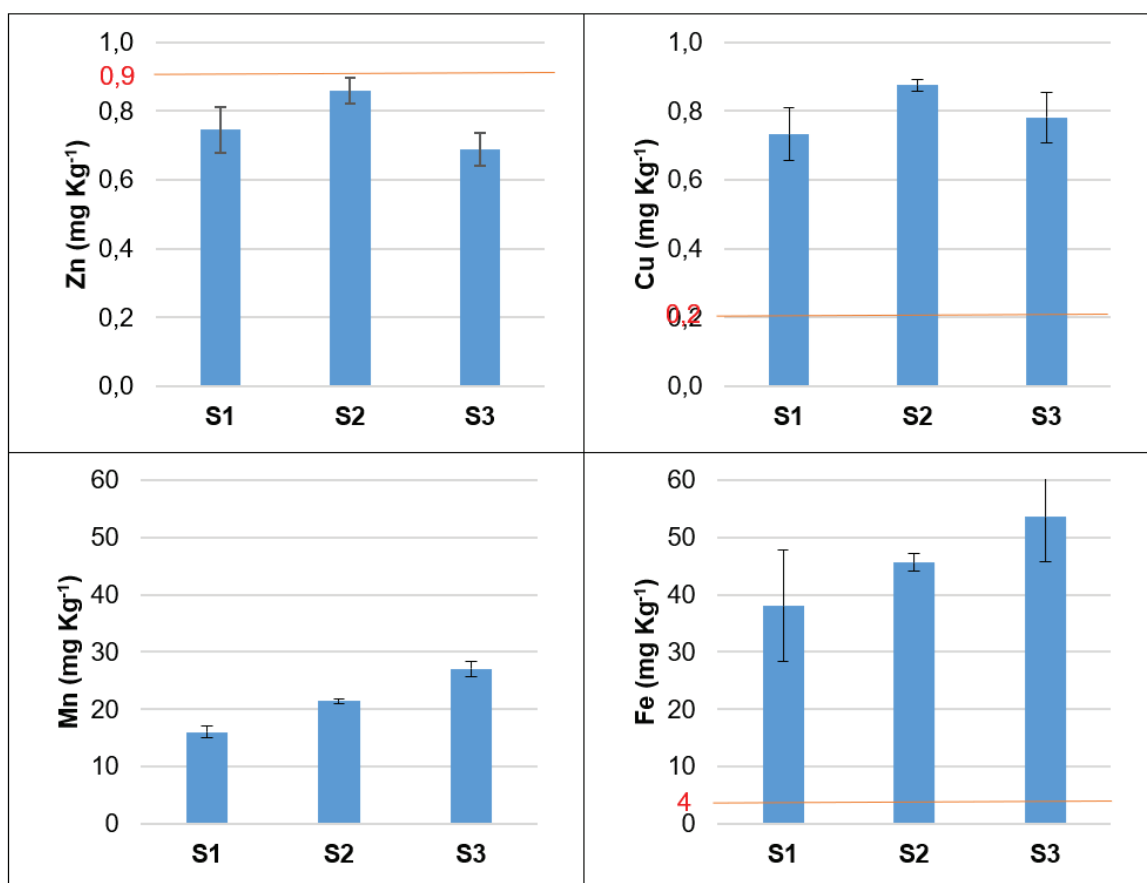


Figura 1. Concentración de micronutrientes en situación natural en los tres sitios estudiados. La línea roja indica la concentración crítica del elemento en suelo para el desarrollo de las plantas.

Los resultados del análisis de micronutrientes en las muestras de suelo en distintas situaciones de manejo se representan en la Tabla 2. En todos los suelos estudiados la concentración de Zn extractable fue menor al nivel crítico (Barbieri *et al.*, 2017). Lo expuesto destaca la importancia de atender al abastecimiento de este elemento en regiones semiáridas, en aquellos planteos de alta tecnología. La concentración de Zn extractable es menor y estadísticamente significativa en los suelos bajo situación B que en los suelos bajo situación N, aunque no hay una tendencia definitiva respecto de los suelos con situación de manejo intermedia (I). Este resultado podría ser producto de exportación del Zn en planta por la agricultura (Kopittke *et al.*, 2017) o bien estar asociado a la mayor disponibilidad de Zn a pH más ácido (Ferraris, 2015; Moreno-Jimenez *et al.*, 2019), característico de los suelos bajo condición natural. Los micronutrientes Cu, Mn y Fe no parecen ser limitantes para el desarrollo de los cultivos en ninguna de las situaciones de manejo estudiadas.

Tabla 2. Concentración de micronutrientes en las muestras de suelo de los tres sitios y tres situaciones de manejo estudiadas. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Sitio	Manejo	pH	(mg Kg <sup>-1</sup> )							
			Zn	Cu	Mn	Fe				
S1	B	6,7	0,40 a	0,62 a	11,3 a	29,6 b				
	I	6,9	0,64 b	0,56 a	10,9 a	14,0 a				
	N	5,5	0,75 c	0,73 b	16,0 b	38,0 b				
S2	B	6,5	0,75 a	0,85 b	16,7 b	23,7 a				
	I	6,5	1,03 c	0,60 a	15,4 a	31,1 b				
	N	6,0	0,86 b	0,88 b	21,4 c	45,6 c				
S3	B	6,2	0,50 a	1,09 b	19,1 b	26,5 a				
	I	6,5	0,44 a	1,02 b	16,4 a	19,6 a				
	N	5,4	0,69 b	0,78 a	27,0 c	53,5 b				

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye que, tanto la concentración de las bases intercambiables como de Fe y Mn en suelo, se relacionan de forma proporcional con el contenido de A+L del suelo. Esto se asocia a su dependencia de la superficie específica para la adsorción y origen estructural, respectivamente. Además, la concentración de estos elementos, y la de Zn y Cu, se ve afectada por el manejo del suelo, con una tendencia a su disminución en prácticas menos conservacionistas, lo cual puede atribuirse a la exportación por parte del cultivo y al aumento del pH del suelo que disminuye la disponibilidad de los elementos. Se identifica al Zn como el micronutriente a considerar para plantearse estrategias de fertilización en los sistemas agrícolas, debido a que su concentración está por debajo de los niveles críticos incluso en los suelos bajo condición natural.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barbieri, P; H R Sainz Rosas; N Wyngaard; M Eyherabide; N Reussi Calvo; F Salvagiotti & H E Echeverría. 2017. Can Edaphic Variables Improve DTPA-based Zinc diagnosis in Corn?. *Soil Fertility and Plant Nutrition* 81(3):556-563.
- Bouyoucos, G J. 1962. Hydrometer method for making particle size analysis in soils. *Agronomy Journal* 464-465.
- Bray, R H & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59:39-45.
- Bremner, J M. 1996. Total Nitrogen. En: *Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods*. Edit. Sparks, D L, Madison WI: SSSA, 1149-1176.
- Di Rienzo, J; F Casanoves; M Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & C Robledo. 2015. Infostat versión 2015.
- Fernández, R. 2018. Valores de línea de base para evaluar la degradación en Molisoles. Tesis de Doctorado. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Ferraris, G N. 2015. Micronutrientes en Región Pampeana Argentina: diagnóstico de carencias y tecnología de fertilización. *Revista de Tecnología Agropecuaria* 10(29):29-33.
- Kopittke, P M; R C Dalal & M W Menzies. 2017. Changes in exchangeable cations and micronutrients in soils and grains of long-term, low input cropping systems of subtropical Australia. *Geoderma* 285:293-300.
- Lindsay, W L & W A Norvell. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of American Journal* 42: 421-428.
- Moreno-Jimenez, E. y otros, 2019. Aridity and reduced soil micronutrient availability in global drylands. *Nature sustainability* 2:371-377.
- Quiroga, A & A Bono. 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. 2° ed. INTA Ediciones.
- Quiroga, A; R Fernández & C Álvarez. 2021. Ensayos de larga duración. INTA Ediciones.
- Sharma, V; S Irmak & J Padhi. 2018. Effects of cover crops on soil quality: Part II. Soil exchangeable bases (potassium, magnesium, sodium, and calcium), cation exchange capacity, and soil micronutrients (zinc, manganese, iron, copper, and boron). *Journal of soil*



*and water conservation* 73(6):652-668.

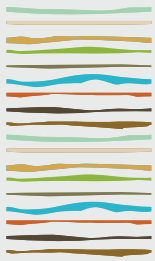
Sparks, D L. 1996. *Methods of soil analysis Part 3 - Chemical methods*. Madison WI: SSSA, American Society of Agronomy.

Sumner, M E & W P Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. Edit. Sparks, D L, Madison WI: SSSA. 1201-1230.

Walkley, A & I A Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

Wang, R; J Dunngait; H Buss; S Yang; Y Zhang; Z Xu & Y Jiang. 2017. Base cations and micronutrients in soil aggregates as affected by enhanced nitrogen and water inputs in a semi-arid steppe grassland. *Science of the Total Environment* 575:564-572.





## **DESCOMPACTACIÓN Y SU EFECTO SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELO Y EL RENDIMIENTO DE SOJA**

Pietrobon, M.<sup>1,\*</sup>, H.O. Imvinkelried<sup>1</sup>, I.M. Dellaferrera<sup>1,2</sup>, L. Haidar<sup>1</sup>, J.S. Galvagno Echaniz<sup>3</sup>, J. Viano<sup>3</sup>.

<sup>(1)</sup> Docente-investigador, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Kreder 2805 (CP: 3080), Esperanza, Santa Fe;

<sup>(2)</sup> CONICET; <sup>(3)</sup> alumno de Ingeniería Agronómica, FCA-UNL;

<sup>(\*)</sup> [mpietrobon@fca.unl.edu.ar](mailto:mpietrobon@fca.unl.edu.ar).

### **RESUMEN**

La compactación de la capa superficial del suelo por falta de remoción y por tránsito de maquinarias es común en sistemas bajo siembra directa. El uso de equipos descompactadores puede disminuir este efecto. El objetivo de este trabajo fue generar información local acerca del impacto de descompactar el suelo mecánicamente y su efecto en la producción del cultivo de soja. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Se evaluó el cultivo de soja bajo dos tratamientos: suelo con práctica de descompactación -paratil- (D) y suelo sin descompactar (SD). Dentro de los parámetros físicos de suelo se determinó, post cosecha, una mayor porosidad total (PT) y una caída en la densidad aparente (Da) y la resistencia mecánica del suelo (RP). En el cultivo de soja se evidenció un mayor rendimiento en las parcelas D.

**Palabras clave:** resistencia a la penetración; densidad aparente; porosidad total.

### **INTRODUCCION**

En la actualidad, los sistemas agrícolas de nuestro país se basan en la producción de cultivos estivales, con predominancia de soja (*Glycine max*). La superficie destinada a la implantación de cultivos invernales ha descendido hasta alcanzar sólo el 20-25 % del área cultivada (MAGyP, 2019). Es por ello que en más del 70 % de la superficie que se destina a la producción agrícola los recursos disponibles durante el invierno no son utilizados por cultivos de renta, sino por malezas o bien se encuentran en barbechos químicos prolongados. Los suelos agrícolas de la región centro-norte de la provincia de Santa Fe presentan, generalmente, textura franco-limosa (arcilla: 25-35 %; limo: 60-70 %, arena: 3-7 %) y un horizonte A desarrollado (25-30 cm), con un contenido de materia orgánica de 2-3 %. Estas características los tornan suelos muy susceptibles a la compactación (Botta *et al.*, 2004) y escasamente resilientes (Cosentino & Pecorari, 2002; Pilatti *et al.*, 2006; Taboada *et al.*, 2008).

La principal causa de degradación física de los suelos agrícolas de nuestro país es la compactación. Durante el proceso de compactación, se produce la expulsión del aire de los poros del suelo y el acomodamiento de sus partículas, causando la disminución de la cantidad y continuidad de los poros de mayor tamaño y, como consecuencia, el incremento de la densidad. El resultado del proceso de compactación del suelo radica en la alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que afecta el desarrollo radicular y de la parte aérea de las plantas (Håkansson & Reeder, 1994; Horn, 1995; Hamza & Andersson, 2005; Batey, 2009), reduciendo el rendimiento de los cultivos (Imvinkelried *et al.*, 2019).

La eficiencia de uso de los recursos es definida como la relación entre las salidas (biomasa y rendimiento en



grano) y las entradas de radiación fotosintéticamente activa (RFA), las precipitaciones o los nutrientes que condicionan la productividad. La producción de biomasa o granos dependen de la capacidad de los cultivos para capturar y emplear los recursos disponibles.

Actualmente, lograr sistemas de producción agrícolas eficientes en el uso de recursos, sustentables y sostenibles en el tiempo resulta un tema estratégico y de relevancia mundial, ya que sus efectos impactan sobre el ambiente y la sociedad. El objetivo de este trabajo fue generar información local acerca del impacto de descompactar el suelo mecánicamente y su efecto en la producción del cultivo de soja.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Cultivos Extensivos (UECE) de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNL) -31° 24' 56" S 60° 54' 28" O, Esperanza, Santa Fe-, en un lote agrícola con 15 años en siembra directa continua sobre un suelo Argiudol típico serie Esperanza. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Se evaluó el cultivo de soja bajo dos tratamientos: suelo con práctica de descompactación (D) y suelo sin descompactar (SD).

La descompactación se logró por una labranza vertical profunda (25-30 cm), por medio de un paratil, previo a la siembra del cultivo. La siembra del cultivo de soja fue con siembra directa. Los datos climáticos se tomaron de la estación meteorológica ubicada en la FCA -a 5 km de la UECE- y las precipitaciones de un pluviómetro ubicado en el ensayo.

Dentro de los parámetros físicos de suelo se determinó porosidad total (PT), densidad aparente (Da) y resistencia mecánica del suelo (RP) a dos profundidades (0-10 cm y 10-20 cm). En el cultivo se evaluó en madurez fisiológica materia seca total (MS), rendimiento (Rto, ajustados a humedad comercial), índice de cosecha (IC), peso de mil granos (P1000) y número de granos.

El análisis estadístico utilizado fue el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2013). Los efectos de los tratamientos se evaluaron mediante ANOVA y la comparación de medias mediante el Test de Fisher LSD, con un nivel de significancia de 5 %.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El cultivo de soja fue sembrado el 06/01/2022 y se cosechó el 13/05/2022. Las precipitaciones a lo largo del ciclo fueron inferiores a la media histórica de la zona (403 mm vs. 553 mm) y las temperaturas medias fueron levemente inferiores a la media histórica.

Tras el laboreo realizado (pasaje de paratil en las parcelas bajo el tratamiento de D) y luego del ciclo del cultivo de soja, los análisis físicos de suelo mostraron una mejora en los parámetros medidos tanto a nivel superficial (0-10 cm) como sub-superficial (10-20 cm) (Tabla 1 y Tabla 2, respectivamente). Se logró disminuir la RP y la Da y se incrementó la PT en las parcelas D.

Tabla 1. Resistencia a la penetración (RP), densidad aparente (Da) y porosidad total (PT) a nivel superficial (0-10 cm) según los tratamientos (SD= sin descompactar; D= descompactado). Muestreo post cosecha de soja. Letras desiguales indican diferencias significativas según Test LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

Tratamientos	RP (Mpa)	Da (g cm <sup>-3</sup> )	PT (%)
SD_sup	2,91 a	1,42 a	46,6 b
D_sup	0,65 b	1,21 b	54,5 a
	<b>valor "p"</b>		
Tratamientos	0,0032	0,0016	0,0018



Tabla 2. Resistencia a la penetración (RP), densidad aparente (Da) y porosidad total (PT) a nivel profundo (10-20 cm) según los tratamientos (SD= sin descompactar; D= descompactado). Muestreo post cosecha de soja. Letras desiguales indican diferencias significativas según Test LSD ( $\alpha= 0,05$ ).

Tratamientos	RP (Mpa)	Da (g cm <sup>-3</sup> )	PT (%)
SD_prof	2,67 a	1,50 a	43,6 b
D_prof	1,41 b	1,28 b	51,6 a
<b>valor "p"</b>			
Tratamientos	0,0187	0,0262	0,0271

Al comparar las mediciones físicas entre la situación inicial (momento 1) y la final (momento 2) en ambos tratamientos (D y SD) la RP y la Da disminuyeron; mientras que, la PT aumentó (Figura 1). Los cambios de estos parámetros fueron mayores en las parcelas D, con diferencias en porcentaje entre la condición inicial y final del lote de -13,8 % RP, -1,84 % Da y +0,55 % PT en SD (promedio entre 0-10 y 10-20 cm de profundidad) y de -66,4 % RP, -16,1 % Da y +18,3 % PT en D (promedio entre 0-10 y 10-20 cm de profundidad).

Los rendimientos estuvieron por debajo de la media zonal, condicionados por las escasas precipitaciones. Tanto la MS como el Rto, el NG y el IC presentaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) (Tabla 3). En todas las variables mencionadas, la ventaja lograda estuvo en las parcelas bajo D; siendo, por ejemplo, un 18,4 % más el Rto logrado.

Tanto en lo que refiere a cambios en el suelo como en la respuesta del cultivo tras descompactación, existen registros en la bibliografía con datos comunes a los obtenidos en este ensayo. Vallejos *et al.* (2014) reportan mejoras en la RP, Da y la PT sin cambios en la respuesta del cultivo de soja. Ferreira Panissa & Rostán Chatel (2017) mencionan una caída en la RP del suelo con efecto variable en el Rto de soja, el cuál fue positivo en el primer año y luego sin diferencias. Imvinkelried *et al.* (2019) determinaron mejoras en RP y Da por efecto de descompactación con respuesta positiva en el Rto de trigo, pero variable en el Rto de soja, vinculado a la disponibilidad de agua por cambios en las precipitaciones de cada campaña evaluada. Perdomo *et al.* (2020) reportan que la resistencia a la penetración evidencia los beneficios de la descompactación luego de dos años de realizada la labor y, que los efectos benéficos sobre el rendimiento de materia seca de alfalfa son cuantificables aún dos años después de realizada la labor. Finalmente, Álvarez *et al.* (2021) indicaron cambios favorables en la RP y la infiltración con respuesta positiva sobre el Rto de maíz y sin efecto sobre el Rto de soja al año siguiente.





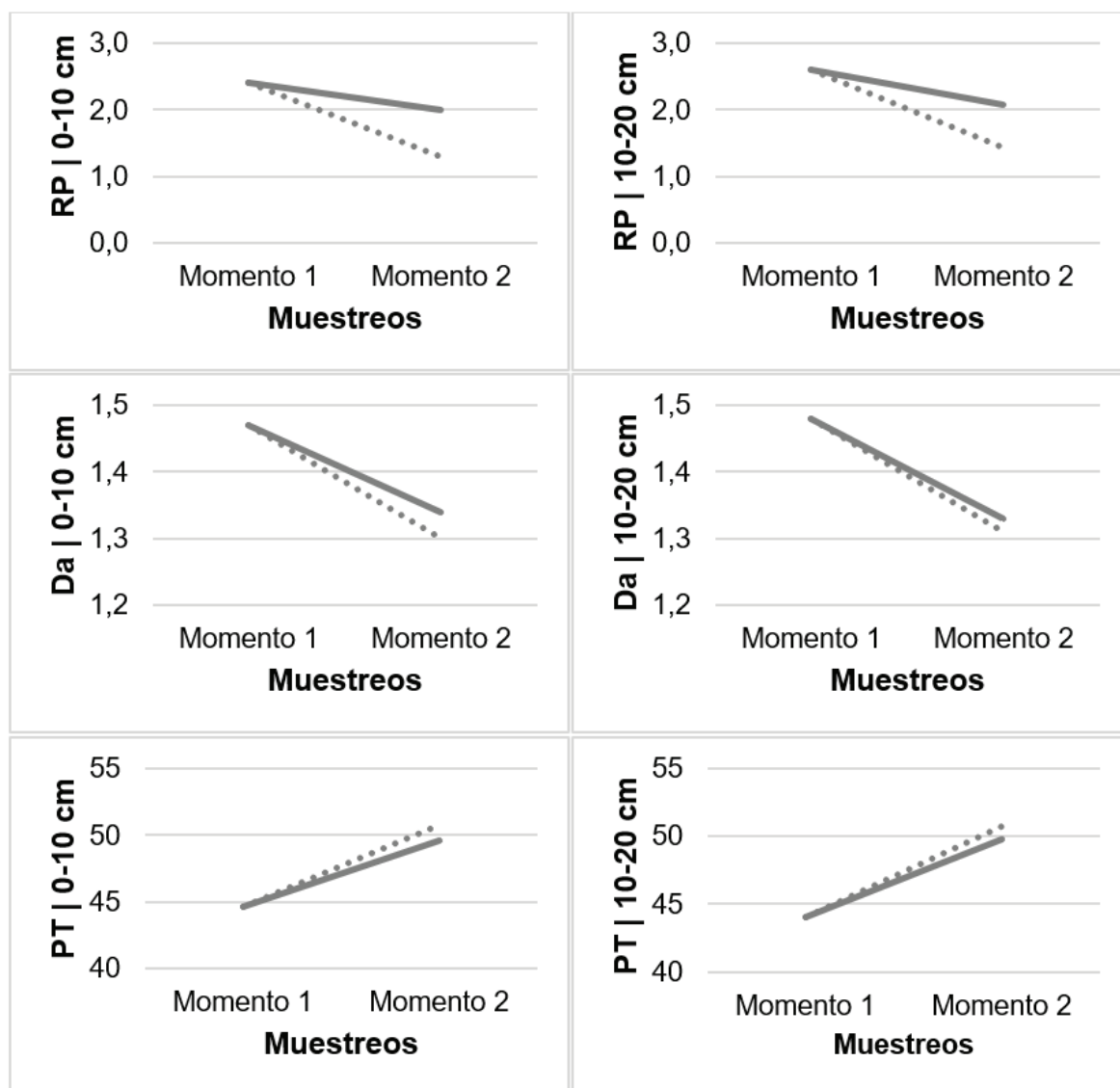


Figura 1. Análisis físicos de suelo. Resistencia a la penetración (RP, en MPa), densidad aparente (Da, en g/cm<sup>3</sup>) y porosidad total (PT, en %) a dos profundidades (0-10 cm y 10-20 cm) según momento de muestreo (Momento 1= inicial -previo a la siembra-; Momento 2= final -post cosecha-) en los diferentes tratamientos (SD= sin descompactar [línea continua]; D= descompactado [línea discontinua]).

Tabla 3. Materia seca total (MS), rendimiento (Rto), peso de mil granos (P1000), número de granos por m<sup>2</sup> (NG/m<sup>2</sup>) e índice de cosecha (IC) del cultivo de soja según los tratamientos (SD= sin descompactar; D= descompactado). Letras desiguales indican diferencias significativas según Test LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

Tratamientos	MS (g/m <sup>2</sup> )	Rto (g/m <sup>2</sup> )	P1000	NG/m <sup>2</sup>	IC (%)
SD	654,8 b	243,3 b	139,6 a	1743,0 b	37,2 b
D	701,2 a	288,0 a	137,3 a	2097,9 a	41,1 a
	<b>valor "p"</b>				
Tratamientos	0,0106	0,0217	0,3289	0,0362	0,0309



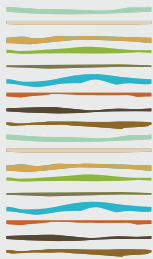
## CONCLUSIONES

La labranza vertical logró mejorar los parámetros físicos de suelo analizados. Los cambios logrados en el suelo repercutieron la producción del cultivo de soja. Las escasas precipitaciones registradas en la campaña podrían haber disminuido las diferencias en la respuesta del cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, CR; FH Gutiérrez Boem; M Torres Duggan & MA Taboada. 2021. Descompactación mecánica de suelos bajo siembra directa: efecto sobre las propiedades físicas edáficas y el cultivo de maíz en la Pampa Ondulada. Rev. Facultad de Agronomía UBA, 41 (2): 114-125.
- Batey, T. 2009. Soil compaction and soil management, a review. Soil Use and Management. 25: 335-345. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x>.
- Botta, G; D Jorajuria; R Balbuena & H Rosatto. 2004. Mechanical and cropping behaviour of direct drilled soil under different traffic intensities: effect of soybean (*Glycine max L.*) yields. Soil Till. Res. 78 (1): 53-78.
- Cosentino, D & C Pecorari. 2002. Limos de baja densidad: impacto sobre el comportamiento físico de los suelos de la Región Pampeana. Ci. Suelo. 20: 9-16.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Ferreira Panissa, R & F Rostán Chatel. 2017. Efecto directo y residual de la descompactación subsuperficial sobre el cultivo de soja. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 43 p.
- Håkansson, I & RC Reeder. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load-extent, persistence and crop response. Soil & Tillage Research, Amsterdam. 29: 277-304.
- Hamza, MA & WK Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. Soil Till. Res. 82: 121-145.
- Horn, R. 1995. Soils science and sustainable soil use and management: a review of problems and needs. Agro Sur. 23 (2): 159-172.
- Imvinkelried, HO; M Pietrobón; I Dellaferrera & S Imhoff. 2019. Efecto de la descompactación del suelo sobre las propiedades físicas y el rendimiento de trigo y soja. Ciencia del Suelo. 37 (1): 1-10.
- MAGyP (Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca de la Nación -Argentina-). 2019. Estimaciones Agrícolas: informes semanales. Disponible en: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/estimaciones/informes/>.
- Perdomo, LI; M Rollhauser; E Melani; F Guilino; LM Draghi; D Jorajuría; G Oliverio Sarli; R Villarreal; L Lozano; CG Soracco; M García & T Palancar. 2020. Persistencia de los efectos de la descompactación del suelo con paratill. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 119 (1): 1-7.
- Pilatti, M; S Imhoff; P Ghiberto & R Marano. 2006. Changes in some physical properties of Molisoll induced by supplemental irrigation. Geoderma. 33: 431-443.
- Taboada, M; F Micucci & C Álvarez. 2008. Impedancias mecánicas y compactación en suelo agrícolas (pp.: 93-153). En: MA Taboada & CR Álvarez (eds.). Fertilidad Física de los suelos. Ed. FAUBA. Buenos Aires, Argentina.
- Vallejos, A; M Kees; P Bondia; N Echeverría; J Silenzi; C Zajac & M De Lucia. 2014. Subsulado en siembra directa: efectos sobre parámetros físicos del suelo y el rendimiento de soja. Ciencia del Suelo. 32 (2): 291-300.





## **EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LA ANISOTROPÍA DE LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL SUELO NO SATURADO**

Polich, N.G.<sup>1,2,\*</sup>; C.G. Soracco<sup>1,2</sup>; R. Villarreal<sup>1,2</sup>; M.P. Salazar<sup>1,2</sup>; Bellora, G.L.<sup>1</sup>; E.M. Melani<sup>3</sup>; L.A. Lozano<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Suelo para la Sustentabilidad Agrícola y Forestal (CISSAF), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP;

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina;

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina;

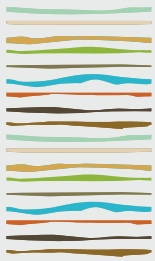
\* Calles 60 y 119 (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina, polichnicolas@gmail.com.

### **RESUMEN**

La siembra directa (SD) se planteó como un sistema de producción agrícola con menor degradación del suelo y uso más eficiente del agua, sin embargo se implementa con frecuencia en sistemas agrícolas simplificados, lo que tiene efectos negativos en la calidad física del suelo. La degradación física del suelo afecta la configuración de poros del suelo y por lo tanto puede generar un cambio en la direccionalidad de las propiedades que dependen de ella. Estas propiedades presentan anisotropía si son dependientes de la dirección. La anisotropía generalmente se debe a la estructura del suelo, que puede ser laminar, en bloques, columnar, etc., exhibiendo así un patrón de microporos o macroporos con un claro sesgo direccional. Entre las prácticas sugeridas para preservar la fertilidad física y química de los suelos bajo SD se encuentran los cultivos de cobertura de invierno (CC). Existen reportes contradictorios sobre su efecto en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos y más aún existe una falta de conocimiento sobre el efecto de CC en los cambios relacionados con la dirección en las propiedades del suelo. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la incorporación de CC bajo SD en la configuración del sistema de poros del suelo y en la anisotropía de las propiedades hidráulicas no saturadas en un Argiudol Típico de la Región Pampeana. Se extrajeron muestras no disturbadas de los primeros 5 cm en un suelo de textura franca localizado en la Chacra Experimental Integrada "Manantiales" (INTA-MDA), situada en la ciudad de Chascomús, provincia de Buenos Aires. Los tratamientos a evaluar fueron: i) Maíz con barbecho desnudo y ii) Maíz con cebada y vicia como CC. En laboratorio se realizaron ensayos de mini infiltración, determinación de la curva de retención hídrica a través del método de evaporación simplificado y ensayos de sortividad. Los resultados obtenidos mostraron mayor porosidad estructural en el tratamiento con CC sin influencia de la direccionalidad de las muestras, llegando a la conclusión de que la distribución del tamaño de los poros se comporta de forma isotrópica como se espera para una variable escalar. Respecto a la conductividad hidráulica (K) la inclusión de CC mostró una disminución de la K saturada causada por la oclusión de los poros debido a la presencia de raíces al momento de muestreo. Con respecto a la anisotropía de esta variable la inclusión de CC generó un comportamiento isotrópico sobre todo en la región de saturación media. Finalmente respecto a la sortividad del suelo los resultados evidenciaron que no existió efecto de inclusión de CC y sus valores no se vieron condicionados por la direccionalidad de la muestra.

**Palabras clave:** conductividad hidráulica no saturada, distribución de tamaño de poros, curva de retención hídrica.





## EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LA HISTÉRESIS Y LA ANISOTROPÍA DE LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL SUELO

Polich, N.G.<sup>1,2</sup>; L.A. Lozano<sup>1,2,\*</sup>; R. Villarreal<sup>1,2</sup>; M.P. Salazar<sup>1,2</sup>; G.L. Bellora<sup>1</sup>; M.R. Barraco<sup>3</sup>; C.G. Soracco<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Suelo para la Sustentabilidad Agrícola y Forestal (CISSAF), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP;

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina;

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina;

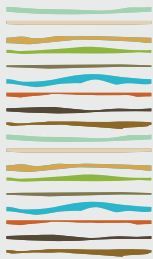
\* Calles 60 y 119 (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina, luislozanoarg@gmail.com.

### RESUMEN

La inclusión de cultivos de cobertura (CC) resulta en la generación de porosidad estructural, porque implica mayor actividad radical y actividad biológica en el suelo. Un suelo mejor estructurado tiene un sistema poroso más adecuado para el desarrollo de las plantas y mejores propiedades hidráulicas. Las propiedades hidráulicas del suelo no saturado generalmente se refieren a las características que están relacionadas con el comportamiento de retención de agua del suelo. Esta relación entre el contenido de agua del suelo ( $\theta$ ) y el potencial mátrico ( $h$ ) denominada curva de retención hídrica (CRH) generalmente se determina a partir de experimentos de secado o desorción. Sin embargo esta relación puede ser diferente si el suelo es humedecido. Éste fenómeno se conoce como histéresis. Adicionalmente algunas propiedades pueden presentar anisotropía si son dependientes de la dirección de muestreo. Los objetivos de este trabajo fueron: i) incorporar la curva de humedecimiento para evaluar el impacto de CC en propiedades físicas e hidráulicas en un Hapludol típico de la Región Pampeana; ii) analizar si los valores obtenidos son dependientes de la dirección de muestreo. Se extrajeron muestras no disturbadas en columnas (8 cm x 2,5 cm) de los primeros 10 cm de un suelo franco arenoso localizado en la Estación Experimental Agropecuaria General Villegas (INTA), provincia de Buenos Aires. Los tratamientos a evaluar fueron: i) Soja con barbecho desnudo; ii) Soja con centeno como CC. En laboratorio se determinaron la curva de secado y la curva de humedecimiento en el rango de 0 a 9 m de  $h$  y a partir de estas curvas se obtuvieron indicadores de capacidad (macroporosidad ( $P_{MAC}$ ), capacidad de aire (AC) y contenido de agua disponible para las plantas (PAWC)). Se determinó el grado de histéresis a partir de un índice que relaciona la diferencia máxima de  $\theta$  y el rango de saturación. Los resultados evidenciaron una mayor histéresis en el rango de 0 a 1 m de  $h$  en ambos tratamientos y comparando los tratamientos resultó mayor en el tratamiento con CC. Esto resultaría favorable para los cultivos ya que una mayor histéresis implica un retardo en el movimiento de agua quedando más tiempo disponible para su aprovechamiento. En relación a los indicadores de capacidad para los procesos de secado no existió efecto de los CC, sin embargo al analizar los procesos de humedecimiento  $P_{MAC}$  y AC fueron significativamente mayores en los tratamientos con CC. Con respecto a la anisotropía la dirección de muestreo no afectó ningún indicador de capacidad manifestando el carácter isotrópico de la porosidad. Se puede concluir que la inclusión del análisis de la curva de humedecimiento puede brindar información adicional al evaluar el impacto de diferentes manejos en las propiedades hidráulicas del suelo.

**Palabras clave:** curva de humedecimiento, curva de secado, indicadores de capacidad.





## **CONDIÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS CULTIVADOS COM SOJA NO CERRADO MATOGROSSENSE, BRASIL**

Ribeiro, A.L.A.<sup>1\*</sup>, Bocuti E. D.<sup>1</sup>, Amorim, R.S.S.<sup>2</sup>, di Raimo, L.A.L.<sup>1</sup>, Weber, O.L.S.<sup>1</sup>, Rodrigues, R.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Cuiabá-MT;

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV, Minas Gerais - MG;

\* Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367. Boa Esperança. Cuiabá-MT, Brasil (CEP 78060-900), aryaneahyribeiro@gmail.com

### **RESUMO**

Um solo no seu estado original condiciona características físico-hídricas e condições adequadas ao desenvolvimento natural da vegetação nativa. O uso intensificado do solo para agricultura, tende a modificar a estruturação e, conseqüentemente, suas condições físico-hídricas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições físico-hídricas de solos do Cerrado de diferentes conjuntos texturais cultivados com soja. O estudo foi realizado em 13 áreas produtoras de soja em Mato Grosso pertencentes ao bioma Cerrado, nas quais foram selecionados os talhões de maior produtividade, e subdivididas em três áreas. Em cada área foram coletadas 12 amostras indeformadas, 4 semipreservadas e 8 kg de solo deformado para determinação de atributos físico-hídricos dos solos. Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis a 5% de probabilidade e comparados entre os diferentes grupamentos texturais do solo. A densidade relativa do grupamento textura arenosa, argilosa e média, nas profundidades de 0 a 0.10 e 0.10 a 0.20 m, foram respectivamente de 0.87 e 0.85; 0.83 e 0.85; 0.87 e 0.89. Os solos arenosos apresentaram a capacidade de água disponível de 0.11 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, da qual mais de 50% mostrou-se disponível às plantas entre as tensões correspondentes aos potenciais 10.13 e 33.43 KPa. Para as condições físico-hídricas dos solos do Cerrado matogrossense foi observado, restrições para o desenvolvimento da soja, quanto aos atributos densidade, microporosidade, porosidade total e disponibilidade de água, fatores que influenciam diretamente na produtividade agrícola, sobretudo na cultura da soja não irrigada.

**Palavras chaves:** atributos físico-hídricas, disponibilidade de água, produtividade da soja.

### **INTRODUÇÃO**

O estado original de um solo, condiciona tanto suas características físicas quanto apresenta condições adequadas ao desenvolvimento natural da vegetação. No entanto, o uso intensificado do solo para agricultura, tende a modificar a estruturação do solo, da mesma forma suas condições físico-hídricas. Diante da relevância que ocupa o estado de Mato Grosso na produção de grão, predominantemente na região de cerrado, para as culturas de soja, milho, algodão e também pela pecuária, faz-se necessário o monitoramento da qualidade físico-hídrica do solo de diferentes grupamentos texturais, a fim de identificar atributos dos solos que tende a afetar diretamente na obtenção de maiores produtividades agrícola. Uma vez que, as alterações nas condições físico-hídricas dos solos ocorrem em intensidade diferentes a depender do grupamento textural. Conforme Cox e Lins (1984); F. Santos (2008); Centeno, Guevara, Cecconello, Sousa e Timm (2017) a textura é um dos principais indicadores da qualidade e produtividade dos solos.

Nesta região a deficiência hídrica nos solos se torna fator limitante para a agricultura, principalmente, quando ocorre durante a estação chuvosa períodos de interrupção da precipitação, que são chamados de veranicos, normalmente entre os meses de outubro e março (Assad, Sano, Masutomo, Castro & M. F. Silva, 1993), época



de alta produção da soja. Nessa perspectiva, se deve entender que é o solo que armazena e disponibiliza a água para as plantas e auxilia a regular o ciclo hidrológico do ambiente (Vale, 2017). Por isso, a qualidade e a dinâmica da água no solo são comumente avaliadas através de atributos como: densidade e densidade relativa do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, retenção e disponibilização de água às plantas, condutividade hidráulica, curva de retenção de água e capacidade de campo (Aguiar, 2008; Marcolin, & Klein, 2011; Stefanoski, Marchão, Petter, & Pacheco, 2013; Jardini & Amorim, 2017). Nesse contexto, o objetivo deste estudo é avaliar as condições físico-hídricas de solos cultivados com soja na região do cerrado mato-grossense.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em Mato Grosso, localizados nos municípios de: Água Boa, Campo Verde, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Nova Xavantina, Paranatinga, Primavera do Leste, Rondonópolis, Santa Terezinha e Sorriso. Regiões caracterizadas pelo uso intensivo do solo para a agricultura e pecuária no bioma do Cerrado. Em cada fazenda de estudo, ficaram definidas como: área 1, área 2 e área 3, e no centro de cada área foram retiradas 12 amostras preservadas, 4 semipreservadas e 8kg de solo deformado para realização das análises laboratoriais e determinação dos atributos físicos e físico-hídricos.

A determinação da porosidade foi realizada como apresentado por P. Teixeira, Donagemma, Fontana e W. Teixeira (2017). Foram utilizadas três amostras preservadas, para coleta de solo sob todas as profundidades, totalizando 6 amostras por área, as quais foram submetidas por seis dias na mesa de tensão ajustada para o nível de sucção corresponde a 60 cm de altura de coluna d'água.

Para condutividade hidráulica foram usadas três amostras preservadas de solo para cada profundidade, somando 6 amostras por área. Posteriormente submetidos ao ensaio em parâmetro de cargas constante, por 3h00. Durante o ensaio foram medidos o volume percolado de água, no intervalo de 40 min, até o coeficiente de variação das três últimas medições fosse menor que 20%. Em seguida submetidas, inicialmente, aos potenciais matriciais de -0,002, -0,004, -0,006 e -0,01 MPa na mesa de tensão e, posteriormente, aos potenciais -0,03, -0,05 e -0,1 MPa na câmara de pressão de Richards. Para a estimativa da umidade nos potenciais matriciais -0,5, -1,0, -1,5 MPa foram utilizadas amostras deformadas de solo utilizando um psicrômetro (WP4 – Dewpoint Potential Meter).

Na análise granulométrica foi feita pelo método da pipeta (P. Teixeira, Donagemma, Fontana, & W. Teixeira, 2017). A partir da fração areia foi realizado o fracionamento dela, por tamisação via seca e segundo a escala do Soil Survey Staff – USA (2017). O ensaio de estabilidade dos agregados do solo foi realizado através do tamisamento úmido, sendo o diâmetro médio ponderado (DMP) obtido através da equação proposta por Van-Bavel (1949), o índice de estabilidade dos agregados (IEA) foi realizado pela equação proposta por Castro Filho, Muzilli e Podanoschi (1998) e o diâmetro médio geométrico (DMG) utilizando as equações propostas por Schaller e Stockinger (1953). A determinação da densidade do solo foi aplicada pelo método do cilindro volumétrico, com base no manual de métodos de análise de solos (P. Teixeira, Donagemma, Fontana, & W. Teixeira, 2017).

Através da solução de Mehlich-1 foi realizada extração de teores de K e estabelecidos por fotometria de chama. Os teores de Ca foram extraídos com KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> e determinados por titulação complexométrica com DTA. O B foi extraído por meio de água quente.

Os atributos físico-hídricos do solo e a produtividade relativa da soja foram submetidos a teste de média de Kruskal Wallis a 5% de probabilidade e comparados entre os diferentes grupamentos texturais do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As áreas do grupamento textural argilosa (1.23 g cm<sup>-3</sup>), cultivados com soja tiveram menores valores de densidade do solo, em relação ao grupamento arenoso (1.50 g cm<sup>-3</sup>) e média (1.51 g cm<sup>-3</sup>) na camada de 0 a 0.10 m (figura 1A). Entretanto, na profundidade 0.10 a 0.20 m houve diferença estatística entre a classe textural



argilosa ( $1.31 \text{ g cm}^{-3}$ ) e média ( $1.58 \text{ g cm}^{-3}$ ). Os solos de textura média de solo, tenderam a apresentar maiores valores de densidade, em função da maior fragilidade estrutural desses solos e a intensificação do uso agrícola. Conforme Mapfumo, Chanasyk, Naeth e Baron (1998); Ishaq Ibrahim, Hassan e Saeed (2001), verificaram que o aumento da densidade do solo atrapalha o bom desenvolvimento das plantas, devido causar a elevação da resistência mecânica do solo à penetração de raízes e modificar a dinâmica da água, nutrientes e a difusão de oxigênio e outros gases.

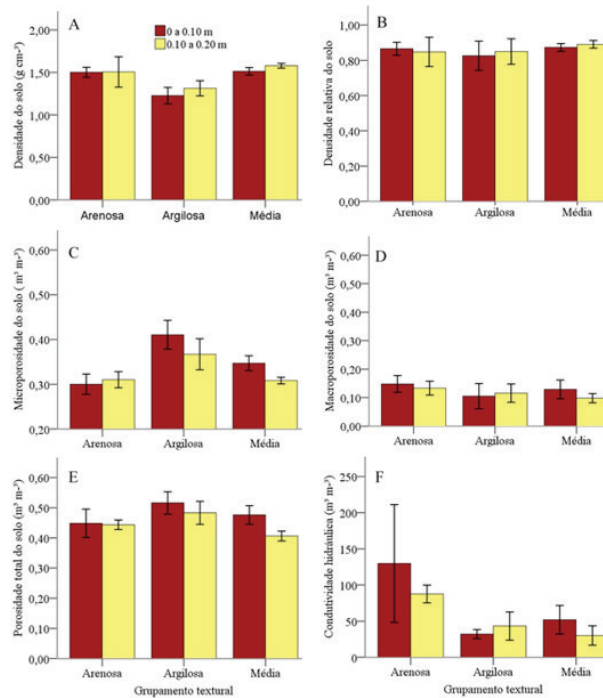


Figura 1. Densidade do solo (A); Densidade relativa (B); Microporosidade (C); Macroporosidade (d) Porosidade total (E) e condutividade hidráulica do solo saturado (F) nas profundidades amostradas de 0 – 0.10 e 0.10 - 0,20 m dos solos do cerrado de diferentes grupamentos texturais. Intervalo de Confiança de 5%.

Os valores de densidade do solo ( $D_s$ ), na profundidade de 0 a 0.10 ( $1.33$  a  $1.68 \text{ g cm}^{-3}$ ), e nas áreas de textura média na camada de 0.10 a 0.20 m ( $1.45$  a  $1.66 \text{ g cm}^{-3}$ ), ambos os valores ficaram restritivos para densidade do solo ( $D_s$ ), em relação ao desenvolvimento da planta.

Foram verificados valores limitados nos solos analisados de textura argilosa, na profundidade de 0 a 0.10 m ( $1.02$  a  $1.46 \text{ g cm}^{-3}$ ), justificado, pela densidade dos solos do cerrado cultivados com soja estar implicando no incremento de produtividade de soja na referida região de estudo.

Para as áreas de textura arenosa, argilosa e média em ambas profundidades a densidade relativa do solo (DR) foi de 0.87 a 0.85; 0.83 e 0.85; 0.87 e 0.89, respectivamente, indicando valores restritivos de DS. Desse modo, indicou que impactos negativos em relação à produtividade de grão, nos solos do Cerrado, conforme Torres e Saraiva (1999) a produtividade da oleaginosa é afetada negativamente a partir de DR entre 0.84 e 0.87 (Figura 1B).

Os maiores valores de microporosidade foi visto nos grupamentos de solo argiloso ( $0.41 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), comparado com o grupamento arenoso ( $0.30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) na profundidade de 0.10 metros. Enquanto em ambas as profundidades, as áreas de textura média ( $0.35$  e  $0.31 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) (Figura 1C). Pautado, pelo teor de argila e pela estabilidade de agregados dos solos argilosos (Tabela 1).



Tabela 1. Valores médios dos atributos físicos do solo por grupamento textural

Grupamento textural	Areia	Silte	Argila	Amg+Ag <sup>1</sup>	Am <sup>2</sup>	Af+Amf <sup>3</sup>	DMP <sup>4</sup>	DMG <sup>5</sup>	IEA <sup>6</sup>
	----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----						--- (mm) ---	-- (%) --	
	0 - 0.10 m								
Arenosa	862.95	72.71	64.34	20.80	112.93	729.23	1.25	0.88	56.86
Média	627.68	109.31	263.01	66.75	177.24	383.69	1.50	0.95	60.46
Argilosa	414.36	81.82	503.82	59.16	116.89	238.31	1.61	1.09	82.16
0.10 - 0.20 m									
Arenosa	881.50	55.94	62.56	18.74	108.79	753.97	1.03	0.49	40.83
Média	600.50	109.82	289.68	57.50	165.59	377.42	1.12	0.70	59.31
Argilosa	404.69	72.81	522.50	54.76	105.63	244.29	1.22	0.79	77.66

1. Soma de areia muito grossa e areia grossa, 2. Areia média, 3. Soma de areia fina e areia muito fina, 4. Diâmetro médio ponderado, 5. Diâmetro médio geométrico, 6. Índice de estabilidade de agregados.

As microporosidade das áreas arenosas, frente aos solos argilosos, apresentaram menor valor na profundidade 0.10 a 0.20 m, no entanto o somatório de areia fina e areia muito fina nesses solos foi superior a 73% (tabela 1), o que auxiliou no processo de retenção de água. Fidalski, Tormena, Alves e Auler (2013) ao estudarem a influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água, verificaram maiores capacidade de retenção de água no solo em função da areia fina.

Por meio do teste de KRUSKAL-WALLIS ( $p \leq 0,05$ ) não foi verificada diferença estatística entre os valores de macroporosidade dos solos dos distintos grupamentos texturais, contudo houve a tendência de valores mais elevados nos solos arenosos (Figura 1 D), o que impacta diretamente na condição físico-hídrica desses solos. Nos grupamentos de textura arenosa, argilosa e média em todas as profundidades avaliadas, apresentaram porosidade total de 0.45 e 0.44; 0.52 e 0.48; a.48 e 0.41 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, respectivamente, exibindo diferença estatista entre os solos de textura argilosa e média, na camada de 0.10 e 0.20 metros. No entanto, esses valores demonstram que os solos cultivados com soja no cerrado de 0,50 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, em sua maioria, estão com espaços vazios abaixo do classificado como ideal por Kiehl (1979), como sendo de 0,50 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para porosidade total, o que foi expresso na densidade do solos e densidade relativo do solo, por meio de valores acima dos definidos como critérios ao desenvolvimento da soja.

O resultado da análise para condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_0$ ) das áreas de textura arenosa, na profundidade 0 a 0.10 m, apresentou maior valor, quando comparado com o grupamento de textura argilosa, já na camada de 0.10 a 0.20 m, foi superior em relação a solos de textura média, o que foi motivado pela porosidade de solos arenosos. O valor de  $K_0$ , é dependente da classe textural do solo, uma vez que determina a sua macroporosidade e por isso expressam, em média, maior percolação da água, quando comparados a solos de textura mais finas (Bielschowsky, Barbosa, Alves, & Silva Junior, 2012; Brandão, Cecílio, Pruski & D. Silva, 2012; Bocuti, Amorim, Di Raimo, Magalhães, & Azevedo, 2020).

De acordo com a classificação proposta por P. Ferreira (1999), a condutividade hidráulica dos solos dos diferentes grupamentos texturais tiveram classificações distintas, pois a condutividade hidráulica saturada dos de textura arenosa, nas profundidades de 0 a 0.10 m (129.81 mm h<sup>-1</sup>) e 0.10 a 0.20 m (87,54 mm h<sup>-1</sup>) foram classificadas, respectivamente, como sendo rápida e moderadamente rápida, enquanto a  $K_0$  dos solos de textura argilosa (32.10 e 43.17 mm h<sup>-1</sup>) e de textura média (51.99 e 30.12 mm h<sup>-1</sup>) foram classificadas como moderada, reafirmando que que solos arenosos, naturalmente, têm valores de condutividade hidráulica mais elevadas.

Pelo teste de Kruskal Wallis ( $p \leq 0,05$ ), os solos do grupamento textural argilosa, quando comparados aos solos arenosos e média, apresentaram maiores retenção de água nos potenciais 10.13; 33.43; 60.79 e 1500 kPa, em ambas profundidades. Nos potenciais 33.43 e 60.79 KPa, na camada de 0 a 0.10 metros, em solos de textura média foi observado maiores retenção de água, em relação aos solos arenosos. Dado que, as maiores umidades correspondentes aos potenciais nos solos de textura média argilosa, quando comparado



aos solos de textura arenosa, assegurados pelos teores de argila, diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico e estabilidade dos agregados desses solos (tabela 1).

Nota-se maior retenção de água para os solos de textura argilosa e média não apresentaram sequência de maiores capacidades de água disponível (CAD) à cultura da soja (figura 3 A e B). Ou seja, o grupamento textural arenosa, argilosa e média tiveram o mesmo uso e manejo no sistema de cultivo em sequeiro, quanto aos solos arenosos, atingiram a CAD de  $0.11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , dos quais mais de 50% ficou disponível às plantas entre as tensões correspondentes aos potenciais 10.13 e 33.43 Kpa e para os potenciais 60.79 e 1500 Kpa, ficou apenas 27.3% da CAD.

Por outro lado, os solos de textura média argilosa a CAD foi de  $0.09$  a  $0.10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de água, sendo que pelo menos 50% deste, ficou disponível entre os potenciais 60.79 e 1500Kpa. Sendo, os resultados a respeito da retenção e disponibilidade de água no solo contribuíram para o menor valor de produtividade relativa da soja nos solos de textura média e argilosa em situação semelhante de uso e manejo dos solos de textura arenosa (figura 2).

Os solos de textura média apresentou maior variância, frente aos demais classes texturais, para produtividade relativa da soja.

Contrariamente, a textura do solo influenciou na diminuição da qualidade físico-hídrica do solo e impactou na produtividade de soja. Desta maneira, os solos arenosos quando utilizados para sojicultura, deve ocorrer uma combinação adequada de uso e manejo, sobre tudo, em condições de sequeiro, considerando sua limitação física e físico-hídrica para atender à necessidade das culturas durante os intervalos entre chuvas mais prolongadas.

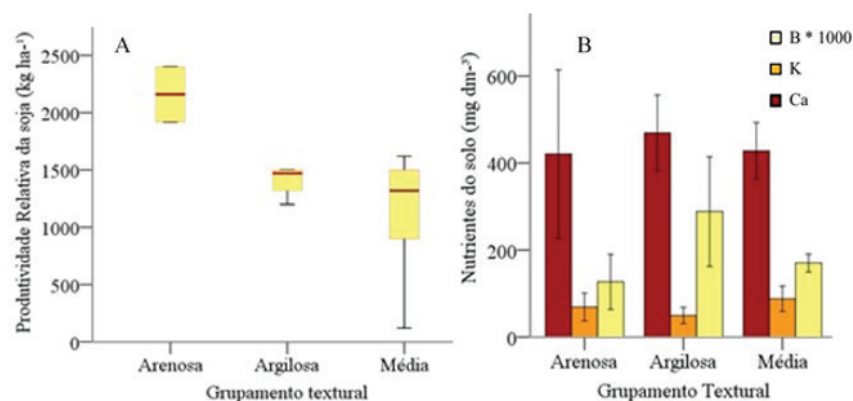


Figura 2. Produtividade relativa da soja (A) e teores de boro – B, Potássio – K e Cálcio – Ca (B) em solos do cerrado cultivados com soja e de diferentes grupamentos texturais.

## CONCLUSÃO

Considerando a importância dos atributos físicos e hídricos dos solos, foi observado que os solos analisados apresentam restrições físico-hídricas para o desenvolvimento da cultura da soja, quanto aos atributos densidade, microporosidade total e retenção e disponibilidade de água, fatores que influenciam diretamente na obtenção de maiores produtividades de soja cultivada no Cerrado em sistema de sequeiro.

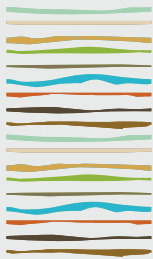
Solo de textura arenosa no cerrado, cultivado de soja requer práticas de manejo que correspondem com a retenção e disponibilidade de água para soja, em potenciais mais elevados, a fim de minimizar problemas de restrição hídrica à cultura em anos de veranicos ou intervalos de maiores quantidades de chuva. As condições físico-hídricas dos solos de textura média apresentarão produtividade de soja distintas, sob o mesmo uso e manejo de solo, pautado principalmente, pela fragilidade desses solos com a intensificação do uso agrícola.



## BIBLIOGRAFIA

- Assad, E. D., Sano, E. E., Masutomo, R., Castro, L. H. R. de, & Silva, F. A. M. da. (1993). Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 28 (9), 993-1003.
- Aguiar, M. I. (2008). Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. Dissertação de mestrado, universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5396/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bielschowsky, C., Barbosa, A. C., Alves, L., & Silva Junior, G. C. da. (2012). Determinação da condutividade hidráulica saturada de campo em solos com diferentes texturas utilizando o método do permeâmetro IAC. *Caderno de Estudos Geoambientais*, 3 (1), 44-55.
- Bocuti, E. D., Amorim, R. S. S., Di Raimo, L. A. Di L., Magalhães, W. A., & Azevedo, E. C. (2020). Condutividade hidráulica efetiva e sua relação com os demais atributos dos solos do Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24 (6), 357-363. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n6p357-363
- Castro Filho, C., Muzilli, O., & Podanoschi, A.L. (1998). Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22 (3), 527-538. doi: 10.1590/S0100-06831998000300019
- Centeno, L. N., Guevara, M. D. F., Ceconello, S. T., Sousa, R. O. de, & Timm, L. C. (2017). Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, 4 (1), 31-37. doi: 10.15210/RBES.V4I1.11576
- Cox, F.R., & Lins, D.G. (1984). A phosphorus soil test interpretation for corn grown on acid soils varying in crystalline clay content. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15 (12), 1481-1491. doi: 10.1080/00103628409367574
- Ferreira, P.A. (1999). Drenagem de terras agrícolas. Viçosa, MG: UFV.
- Fidalski, J., Tormena, C. A., Alves, S. J., & Auler, P. A. M. (2013). Influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos das Formações Caiuá e Paranaíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37 (3), 613-621. doi: 10.1590/S0100-06832013000300007
- Kiehl, E. J. (1979). Manual de edafologia. São Paulo, SP: Agronômica Ceres.
- Mapfumo, E., Chanasyk, D.S., Naeth, M.A., & Baron, V.S. (1998). Forage growth and yield components as influenced by subsurface compaction. *Agronomy Journal*, 90 (4), 805-812. doi: 10.2134/agronj1998.00021962009000060015x
- Schaller, F. W., & Stockinger, K. R. (1953). A comparison of five methods for expressing aggregation data. *Soil Science Society of America Proceedings*, 17 (4), 310-313. doi: 10.2136/sssaj1953.03615995001700040002x
- Stefanoski, D. C. S. G. G., Marchão, R. L., Petter, F. A., & Pacheco, L. P. (2013). Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (12), 1301-1309. doi: 10.1590/S1415-43662013001200008
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Manual de métodos de análise de solo. Brasília, BR: Embrapa.
- Van Bavel, C. J. M. (1949). Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Science Society of America*, 14, 20-23. doi: 10.2136/sssaj1950.036159950014000C0005x
- VALE, NKA (2017). Trajetória da produtividade da soja em função da variabilidade das chuvas no estado de Goiás. 2017. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil. Obtido em <https://repositorio.bc.ufv.br/tede/bitstream/tede/6997/5/Disserta%20a7%20c3%a3o%20-%20Najla%20Kauaa%20Alves%20do%20Vale%20-%202017.pdf>





## **DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE SILICIO DISPONIBLE EN UN SUELO HAPLUDOL DE LOS TOLDOS, BUENOS AIRES**

Sagardoy L.<sup>1</sup>, J. Chirkes<sup>1</sup>, J. J. Marquez Molina, O.S. Heredia<sup>1</sup>

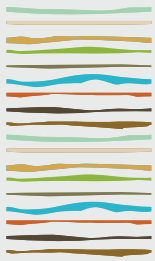
<sup>1</sup> Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, chirkes@agro.uba.ar

### **RESUMEN**

El silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en el suelo después del oxígeno; el dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) comprende entre el 50-70% de la masa del suelo. Las concentraciones de Si disponibles aumentan en los suelos más arcillosos y disminuyen en suelos arenosos. Su presencia puede influir en las concentraciones de fósforo disponible para los vegetales. Los cambios en el uso de la tierra por parte de los humanos perturban el ciclo biogeoquímico de este elemento. A pesar de ser un elemento de suma importancia en el suelo, y un micronutriente fundamental para la vegetación, en nuestro país es escaso el conocimiento que se tiene del mismo. Como objetivo se propuso por un lado cuantificar el Si disponible y su comportamiento y distribución a nivel superficial del suelo a lo largo del gradiente topográfico y por otro lado determinar algún tipo de relación entre el silicio y las variables edáficas analizadas. El suelo del cual se recolectaron las muestras es un Hapludol típico de textura franco arenosa, bajo uso agrícola con rotación de cultivos trigo/soja 2a, /maíz o soja 1a, ubicado al noroeste de la Provincia de Buenos Aires, en el partido de General Viamonte, localidad de Los Toldos. El método de muestreo constó de un diagrama en grilla, de 8 filas y 12 columnas, disponiéndose en orden de numeración creciente desde la zona más alta a la más baja del gradiente topográfico. A partir de dicha grilla se tomaron 96 muestras de suelo, con barreno, de los primeros 20 cm de profundidad. El sitio cuenta con una laguna en la zona más baja del gradiente. Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente. Una vez tamizadas se procedió a medir carbono oxidable (Cox), pH en agua, conductividad eléctrica (CE), textura, fósforo (P) y silicio disponible (Si). Para la variable Si se realizó un análisis de varianza considerando cada fila como un tratamiento y cada columna como una repetición de ese tratamiento, acompañado por el Test de Tuckey. Respecto a la distribución del Si, los datos arrojaron que la mayor concentración se ubicó en las zonas bajas del gradiente, cercanas a la laguna, con un valor promedio de 38,2 ppm de Si. En la zona más alta topográfica el valor promedio fue de 4,4 ppm. Lo observado podría explicarse por procesos de escurrimiento superficial, o bien por ser la zona del bajo un sitio no cultivado y por lo tanto sin extracción de Si, permitiendo su mayor acumulación. Por último, considerando como estadísticamente significativos aquellos coeficientes asociados a un valor de probabilidad mayor o igual al 95% se observó interacción positiva no significativa para pH, Cox y P en relación a este elemento. Únicamente se encontró interacción significativa con conductividad eléctrica la cual presentó un coeficiente de 0,19. (p < 0.05).

**Palabras clave:** silicio disponible, distribución espacial, Hapludol.





## **EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO**

Salazar, M.P.<sup>1,2,\*</sup>; R. Villarreal<sup>1,2</sup>; L.A. Lozano<sup>1,2</sup>; N.G. Polich<sup>1,2</sup>; G.L. Bellora<sup>1</sup>; E.M. Melani<sup>3</sup>; C.G. Soracco<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Suelo para la Sustentabilidad Agrícola y Forestal (CISAF), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP;

<sup>2</sup> CONICET, Argentina; <sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina;

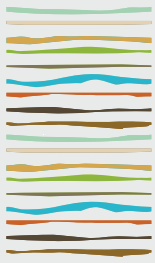
\* paz.salazar@hotmail.com.

### **RESUMEN**

La inclusión de cultivos de cobertura (CC) es una práctica de manejo que está siendo estudiada como práctica de transición hacia sistemas productivos más sustentables. Los CC se siembran en el período entre cultivos de renta, o bien entre líneas en producción de árboles, por los múltiples servicios que proporcionan. Los CC pueden proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica, prevenir la pérdida de nutrientes por lixiviado o escorrentía, aportar carbono, mejorar las propiedades físicas e hidráulicas y controlar malezas. Sin embargo, una de las principales limitaciones a la adopción de los CC reside en la preocupación de los productores sobre la disponibilidad de agua para el cultivo siguiente. Varios autores destacan que los productores de la Región pampeana mantienen largos períodos de barbecho desnudo (BF) con el objetivo de capturar agua en el suelo para el siguiente cultivo de verano, mientras que trabajos de investigación indican que los CC generalmente no modifican el contenido de agua a la siembra del cultivo de renta, y producen otros beneficios adicionales. Los CC pueden modificar la disponibilidad de agua por distintos mecanismos que incluyen el consumo de agua para su crecimiento y un aumento en la transpiración, a la vez que pueden reducir la evaporación desde el suelo y la escorrentía, y tener efectos variables sobre la infiltración de agua, la porosidad y la distribución de tamaño de poros, que a su vez afectan la disponibilidad de agua para el siguiente cultivo. En el actual contexto de cambio climático, donde son cada vez más frecuentes los eventos climáticos extremos incluyendo tanto períodos de sequía como de inundaciones, resulta fundamental estudiar el efecto de los CC y otras prácticas de manejo sobre la dinámica hídrica, para un uso eficiente del recurso agua. Las hipótesis de este trabajo fueron que los CC aumentan la disponibilidad de agua para el cultivo principal en un Argiudol típico bajo SD en comparación con un BF, y el objetivo del trabajo evaluar el efecto de los CC sobre el contenido y la disponibilidad de agua durante el ciclo de cultivo, en relación a BF. Para esto, se instalaron sensores de humedad volumétrica ( $\theta$ ) (TEROS 12, METER Group, Inc. USA) en dos tratamientos, CC y BF, a dos profundidades (5 y 15 cm), en la Chacra Experimental Integrada INTA-MDA Chascomús. A partir de  $\theta$  a cada profundidad se calculó la lámina de agua almacenada en los primeros 20 cm de suelo (SWS), en distintos períodos de interés. Entre los principales resultados se observó que el CC, en comparación con BF, presentó una menor SWS durante el barbecho, pero mayor SWS la primera semana del cultivo principal y durante el período crítico de la soja. Al considerar todos los días del año, no se observaron diferencias significativas en el SWS. Se concluyó que los CC disminuyen de manera temporaria el contenido de agua durante el barbecho, mientras que aumentan la disponibilidad de agua para el cultivo principal durante su crecimiento en un Argiudol típico bajo SD.

**Palabras clave:** Sensores de humedad, uso del agua, barbecho, física de suelos.





## **EFFECTOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELO POR USO AGRONÓMICO DE EFLUENTES PORCINOS**

Sosa, N.<sup>1\*</sup>, D. Mathier<sup>1</sup>, M.A. Bragachini<sup>1</sup>, C. Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INTA EEA Manfredi; <sup>2</sup> FCA UNC;

\* Ruta Nacional 9, km 636, (5988) Manfredi, Prov. de Córdoba, [sosa.nicolas@inta.gob.ar](mailto:sosa.nicolas@inta.gob.ar)

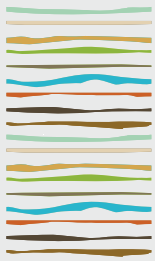
### **RESUMEN**

La intensificación de la producción porcina conlleva a una gran generación de efluentes en una menor superficie. Los mismos, cuando se utilizan bajo un plan de aplicación agronómico se transforman en una excelente fuente de nutrientes para los cultivos y pueden causar diferentes impactos en las propiedades del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de efluente porcino estabilizado y su combinación con fertilizante mineral, sobre la influencia en las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de los cultivos. El ensayo se realizó en un lote de producción en la Estancia Dos Ríos, localidad de Despeñaderos (Córdoba), en un suelo argiustol típico. Los tratamientos fueron dos dosis de efluente porcino 12,5 y 25 mm/ha combinado con 80 kg/ha de superfosfato simple (E12,5+SPS y E25+SPS); 25 mm/ha de efluente porcino (E25) y un control absoluto (C). El efluente se aplicó mediante pivot central en presiembra y cada tratamiento ocupó un cuadrante de riego. Se analizó el rendimiento de los cultivos, las variaciones en las propiedades químicas de suelo evaluadas antes de la siembra y después de la cosecha de los cultivos y los cambios en las propiedades físicas de suelo luego de 5 años de ensayo (2017-2022). Las variables físicas analizadas fueron densidad aparente, estabilidad de agregados y calidad visual de la estructura. La primera mediante el Cilindro de Kopecki en el espesor de 0 a 5 cm de profundidad; mientras que en la segunda se utilizó la técnica de Kemper W. Rosenau R. (1986), a una profundidad de 0 a 10 cm, en ambos casos se realizaron 2 repeticiones por unidad experimental. Finalmente, a través de la evaluación visual y realización de pequeños ensayos según las normas de reconocimiento de suelos de Etchevere (1998) se determinó la estructura del suelo en el espesor de 0 a 20 cm. El tratamiento C presentó una mayor Dap (1,43 g/cm<sup>3</sup>) que las parcelas con aplicación de efluente (1,35 g/cm<sup>3</sup>). A su vez, la fracción estable de los agregados, en el tratamiento C fue de 33,9%, mientras que en E12,5+SPS fue de 63,4%, en E25+SPS 67,3% y en E25 80,55%. Respecto a la estructura, el C presentó una estructura laminar superficial fina y subsuperficial media, mientras que las parcelas con efluentes tuvieron una estructura en bloques subangulares medios y gruesos. Este indicador explica las diferencias encontradas en los otros parámetros físicos medidos. La estructura laminar observada en C refleja la compactación de los agregados, generada por su baja estabilidad, mientras que los bloques son característicos de suelos con agregados más estables. Se concluye que la aplicación de efluentes porcinos, además de producir un incremento en la producción de los cultivos, contribuye a mejorar algunos indicadores de calidad física del suelo.

**Palabras clave:** propiedades físicas de suelo, efluente porcino, pivot central.







## EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HÍDRICOS Y PRODUCTIVOS EN AMBIENTES CON CULTIVOS DE SERVICIOS EN EL SUR DE SANTA FE

Spinozzi, J.<sup>1\*</sup>, J. Berardi<sup>1</sup>, S. Montico<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario;

<sup>2</sup> IICAR. CONICET;

\* Campo Experimental Villarino S/N, (S2125) Zavalla, Prov. de Santa Fe, [joelspinozzi@gmail.com](mailto:joelspinozzi@gmail.com)

### RESUMEN

Los cultivos de servicios (CS) han sido ampliamente difundidos en los últimos años por los servicios ecosistémicos que brindan, principalmente, el secuestro de carbono y el control de malezas. El objetivo de este trabajo fue evaluar como impactan los CS en los cultivos de cosecha subsiguientes a través de parámetros hídricos y productivos en secuencias rotacionales con soja y maíz. El experimento fue llevado a cabo en la localidad de Zavalla, Santa Fe (33° 2'14.54"S; 60°53'11.39"O), donde se evaluaron tratamientos con CS de leguminosas, de gramíneas y policultivos (mezcla de especies). Durante los dos años del experimento (2020-2021) hubo un marcado déficit hídrico, siendo el total de precipitaciones durante el desarrollo de los CS, entre 20-33 % menor al promedio de la última década. La fitomasa aérea (FA) de los CS fue mayor en 2021, y supeditada a las escasas precipitaciones. El costo hídrico (CH) y el uso consuntivo (UC) fue elevado en ambos años. La eficiencia en el uso del agua (EUA) fue baja en general para todos los tratamientos en 2020 y 2021, parámetro relacionado directamente a la FA y UC. En 2020 los CS no impactaron en el rendimiento en grano (R) de los cultivos estivales. La restricción hídrica y el efecto antecesor en las rotaciones determinaron distintos tipos de performance, destacándose los CS con antecesor soja.

**Palabras clave:** cultivos de servicios, rotaciones, sequía.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los cultivos de servicios (CS) han tomado importancia dentro de los agroecosistemas pampeanos. Éstos son cultivos que se siembran entre dos cultivos de renta y su desarrollo se suprime antes de cosecha por un medio mecánico o químico. Las principales ventajas que favorecen la adopción de esta tecnología son: el control de las malezas, el secuestro de carbono, el reciclado de nutrientes, la fijación de nitrógeno atmosférico, la cobertura del suelo, la disminución de la erosión eólica e hídrica, la disminución de la evaporación y el escurrimiento superficial (Álvarez *et al.*, 2007; Fernández *et al.*, 2012; Piñeiro *et al.*, 2014; Restovich *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los CS sobre diferentes parámetros hídricos y productivos y el impacto en el rendimiento en secuencias rotacionales con soja y maíz.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante las campañas 2020/21 y 2021/22 en el Campo Experimental Villarino de la UNR (33° 2'14.54"S; 60°53'11.39"O), con un diseño experimental en parcelas apareadas. El experimento está previsto a tres años en una secuencia soja-maíz-soja y maíz-soja-maíz con la inclusión de diferentes CS durante el otoño-invierno. En este trabajo se evalúan los CS del primer y segundo año. El suelo es un Argiudol vértico (horizonte superficial 0-20 cm: arcilla 25,1%; arena 2,4 %; limo 73,5%) y el clima templado húmedo. En la secuencia rotacional los CS de gramíneas son antecesores de leguminosas y sucesores de gramíneas, los CS de leguminosas son antecesores de gramíneas y sucesores de leguminosas, y los policultivos (mezcla





de especies gramíneas y leguminosa) son antecesores y sucesores de gramíneas y leguminosas, indistintamente. La siembra se efectuó el 6 de mayo y 2 de junio de 2020 y 2021, respectivamente. Los tratamientos evaluados fueron: vicia (*Vicia villosa*) sucesor maíz (Vc-Mz), triticale (*x Triticosecale Wittmack*) sucesor soja (Tr-Sj), policultivo sucesor maíz (Pc-Mz), policultivo sucesor soja (Pc-Sj), control sin CS sucesor maíz (Barb-Mz) y control sin CS sucesor soja (Barb-Sj). El policultivo consistió en una mezcla de avena (*Avena sativa*), raigrás (*Lolium multiflorum*), vicia (*Vicia villosa*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Las densidades de siembra fueron: 30 kg.ha<sup>-1</sup> en vicia, 90 kg.ha<sup>-1</sup> en triticale y para la mezcla de policultivo 30 kg.ha<sup>-1</sup> de vicia, 30 kg.ha<sup>-1</sup> de raigrás, 30 kg.ha<sup>-1</sup> de avena y 2 kg.ha<sup>-1</sup> de trébol blanco. El secado de los CS se efectuó el 16 octubre de 2020 (163 días) y el 13 octubre de 2021 (132 días). Durante el período de los CS las precipitaciones fueron 77 mm y 178,5 mm, para el año 2020 y 2021, respectivamente. A la siembra de los CS se tomaron muestras de suelo para medir agua útil (AU) en el espesor 0-100 cm, se secaron en estufa a 60°C hasta peso constante, y por el método gravimétrico se obtuvo el contenido de agua. Se suprimió el crecimiento químico y se tomaron muestras de suelo y vegetal, para determinar AU y FA, respectivamente. Con los contenidos de AU al inicio y al final de los CS, y la cantidad de precipitaciones acumuladas durante ese período, se calculó el UC (Duval et al., 2015; Capurro, 2017). Las muestras de FA en cada parcela se tomaron con aros de 0,25 m<sup>2</sup> (n=12), se secaron en estufas a 60°C hasta peso constante y luego se registró el peso seco (kg MS.ha<sup>-1</sup>). La Eficiencia del Uso del Agua (EUA) se calculó mediante el cociente FA/UC (Duval et al., 2015; Capurro, 2017). Se obtuvo el CH, que es una medida comparativa de la cantidad de agua almacenada en el perfil edáfico con CS en relación a la almacenada en el control sin CS. En los cultivos de soja y maíz, se midió el rendimiento (R). Se establecieron sitios fijos de muestreo en cada parcela, y con el criterio de pseudoreplicación simple se compararon los tratamientos mediante ANOVA con el software R (p<0,05) y mediante modelos mixtos con el software SAS (p<0,05) para FA, CH, UC, EUA y R, respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 2020, las precipitaciones fueron 593 mm.año<sup>-1</sup>, 33% inferior a las de la media de la última década (882 mm.año<sup>-1</sup>). En 2021, fueron también inferiores (20%) (Figura 1). En ambos años hubo una importante restricción hídrica, destacándose la gran concentración e irregular distribución de las mismas. En enero 2021, previo a importantes precipitaciones, hubo tres semanas con muy alta evapotranspiración durante el período crítico de los cultivos de renta (datos no presentados), y en febrero no hubo precipitaciones, condición que determinó el resultado de los rendimientos físicos.

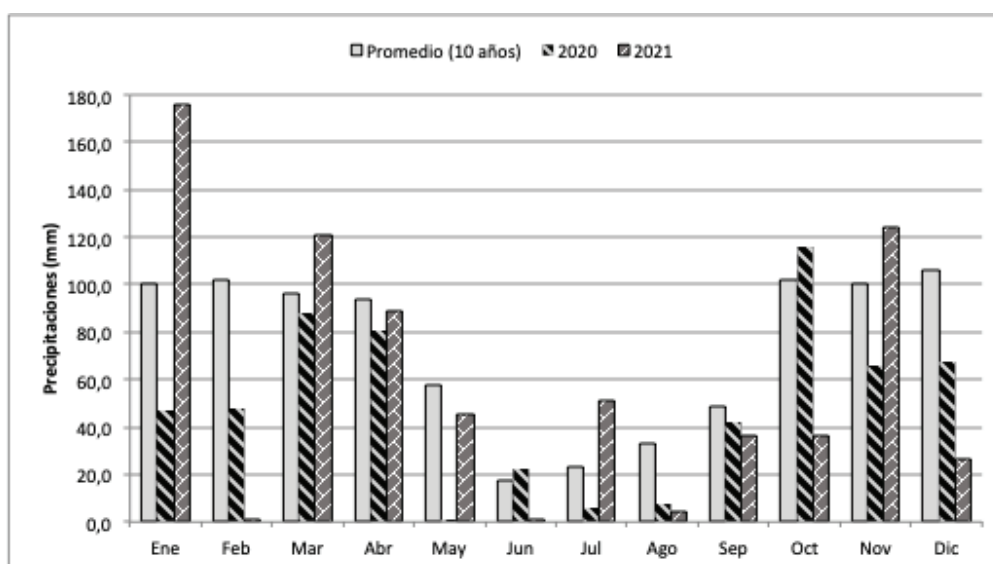


Figura 1. Evolución de las precipitaciones del año 2020, 2021 y del promedio de los últimos 10 años.

En la Tabla 1 se observan las variables hídricas y productivas de cada tratamiento y año en estudio.

La FA, en 2020, fue significativamente mayor (p<0,05) en Tr-Sj respecto a Vc-Mz y Pc-Mz (78,1% y 52,1%,



respectivamente). En 2021, FA fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en Pc-Mz respecto del resto de los tratamientos, destacándose la diferencia de 3442,5 kg entre Pc-Mz y Pc-Sj. La producción de FA de los CS fue mayor con antecesor soja que luego de maíz. Algunos autores (Bertolla *et al.*, 2013; Capurro *et al.*, 2013, Scianca *et al.*, 2011) destacan la superioridad de las gramíneas en relación a las leguminosas, en estos resultados, sólo en Tr-Sj 2020, se advirtió ventaja de las gramíneas por sobre los demás tratamientos. Las diferencias observadas entre años indican que Tr-Sj son significativas ( $p < 0,05$ ) entre años, mientras que Vc-Mz, Pc-Sj y Pc-Mz, son diferentes entre sí en años consecutivos ( $p < 0,05$ ).

Tabla 1. Parámetros de variables hídricas y productivas para cada tratamiento y año

Año	Tratamiento	Fitomasa aérea (kg MS.ha <sup>-1</sup> )	Antecesor	Costo Hídrico (mm)	Uso Consuntivo (mm)	EUA (kg MS.ha <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )	Precipitaciones	Sucesor	Rendimiento Sucesor
2020	Tr-Sj	3893 aA	Soja	98.2 bA	204.2 aB	18.8 aA	77.3	Soja	1679 bB
	Vc-Mz	2187 cB	Soja	141.8 aA	170.2 bB	11.4 bB	77.3	Maíz	3278 aA
	Pc-Sj	2862 aB	Soja	82.1 bA	168.0 bB	16.7 aA	77.3	Soja	2606 aA
	Pc-Mz	2560 bB	Soja	112.9 bA	176.0 bB	14.7 bB	77.3	Maíz	2589 aB
	Barb-Sj		Soja		75.4 cB		77.3	Soja	2378 aB
	Barb-Mz		Soja		101.2 cB		77.3	Maíz	3182 aB
2021	Tr-Sj	3317 cB	Maíz	75.8 bA	272.2 aA	12.2 cB	178.5	Soja	2956 bA
	Vc-Mz	5478 bA	Soja	82.6 bB	282.3 aA	19.4 bA	178.5	Maíz	3310 bA
	Pc-Sj	5495 bA	Maíz	104.6 aA	292.2 aA	18.7 bA	178.5	Soja	1779 cB
	Pc-Mz	8938 aA	Soja	78.5 bB	298.3 aA	30.0 aA	178.5	Maíz	4051 bA
	Barb-Sj		Maíz		194.1 bA		178.5	Soja	3889 aA
	Barb-Mz		Soja		214.9 bA		178.5	Maíz	6564 aA

En 2020, Vc-Mz tuvo mayor CH, disminuyendo significativamente ( $p < 0,05$ ) y de forma decreciente según Pc-Mz, Tr-Sj y Pc-Sj. El CH en todos los tratamientos fue muy superior al obtenido por otros autores (Duval *et al.*, 2015; Capurro, 2017). En 2021, solo Pc-Sj se diferenció significativamente ( $p < 0,05$ ) del resto con un CH 27% superior al siguiente tratamiento. La comparación entre años muestra que Vc-Mz y Pc-Mz (2021) se diferencian significativamente ( $p < 0,05$ ) del resto de los tratamientos, esto podría deberse a un efecto antecesor (soja) y a un posible aumento en la eficiencia en el uso del nitrógeno (no medido en este experimento) por parte de los cultivos siguientes que aprovecharon el nitrógeno excedente.

En 2020, Tr-Sj fue el tratamiento que tuvo mayor UC respecto al resto de los tratamientos, y a su vez, todos éstos se diferenciaron significativamente de los barbechos ( $p < 0,05$ ). En 2021, ningún tratamiento con CS se diferenció significativamente ( $p < 0,05$ ) de los otros, excepto los barbechos. En los barbechos, no se calculó el UC, pero se han incorporado al análisis para indicar el agua perdida por evaporación en estos tratamientos en relación a aquellos con CS. Estos resultados indican que dentro de cada año los CS tuvieron similar UC durante su ciclo de crecimiento, atribuyéndose las diferencias observadas entre años a las precipitaciones. Estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados por otros autores para años secos y húmedos (Fernández *et al.*, 2007; Scianca, 2010).

En 2020, la EUA fue baja en todos los tratamientos, aunque Tr-Sj y Pc-Sj se diferenciaron significativamente de los otros tratamientos ( $p < 0,05$ ). En 2021, Pc-Mz fue el de mejor performance, seguido por Pc-Sj, Vc-Mz y Tr-Sj. Estos resultados están fuertemente influenciados por FA y UC. No se advierte una relación clara entre los resultados de EUA entre los años 2020 y 2021. Al respecto, Fernández *et al.* (2010) obtuvieron altas EUA en CS asociados a un bajo UC (84mm). Asimismo, Scianca (2010) trabajando en centeno como CS en la región semiárida pampeana, encontró un valor similar (88 mm), mientras que en la misma zona y el mismo cultivo, Fernández *et al.* (2007) cuantificaron 150 mm de UC.

En cuanto a R, en 2020, el tratamiento Vc-Mz fue superior a Barb-Mz, aunque no se diferenciaron significativamente de ellos ( $p < 0,05$ ). Para los tratamientos con soja, Tr-Sj tuvo menor performance comparado con el Barb-Sj y estas diferencias fueron significativas ( $p < 0,05$ ). Para Pc-Sj y Pc-Mz no se encontraron diferencias significativas entre ellos y tampoco con Barb-Sj y Barb-Mz. En 2021, Barb-Mz fue mayor que Vc-mz y Pc-Mz



( $p < 0,05$ ). En S<sub>j</sub> puede observarse la misma tendencia, donde el Barb-S<sub>j</sub> supera significativamente a los tratamientos Tr-S<sub>j</sub> y Pc-S<sub>j</sub> ( $p < 0,05$ ). Resultados similares fueron obtenidos por Capurro et al. (2013) en ambientes con marcado déficit hídrico en el sur de Santa Fe.

En 2020, los resultados obtenidos en FA y EUA fueron inferiores a los obtenidos en la región en otros experimentos (Duval *et al.*, 2015; Capurro, 2017), ello estaría relacionado con el importante déficit hídrico ocurrido durante el período evaluado, por la misma causa pudo haberse incrementado el CH.

En 2021, a diferencia de otras experiencias zonales (Duval *et al.*, 2015; Capurro, 2017), los resultados de UC aquí obtenidos fueron muy altos, no evidenciándose claramente la respuesta en FA y en EUA.

En cuanto a UC, en ambos años se observó la misma tendencia entre los CS y los barbechos. Si bien los CS tuvieron mayor UC, se destaca la elevada cantidad de agua perdida en los barbechos.

Puede observarse la baja EUA en comparación con experimentos de otros autores (Baigorria y Casorla, 2010; Scianca, 2011), excepto en Pc-Mz 2021. Estas diferencias se deberían al efecto sequía, probablemente, combinado con el efecto antecesor.

## CONCLUSIONES

Los cultivos de servicios han sido afectados por un marcado déficit hídrico, lo que ha impactado diferencialmente en los parámetros hídricos y productivos en ambos años del experimento. La restricción hídrica y el efecto antecesor en las rotaciones definieron distintos tipos de performance, destacando aquellos cultivos de servicios que tuvieron antecesor soja por sobre los demás.

Resulta necesario seguir esta línea de investigación para evaluar el efecto de los cultivos de servicios sobre los parámetros hídricos y productivos, en años con diferentes ofertas de precipitaciones durante el desarrollo de los mismos y los cultivos de renta sucesores.

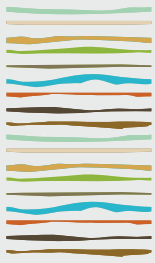
## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez R, Steinbach HS, De Paepe JL. 2017. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: ameta-analysis. *Soil Tillage Res* 170:53–65. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.03.005>
- Baigorria, T. y Cazorla C. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. En actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-eficiencia.pdf>
- Bertolla, A., Baigorria, T., Gómez, D., Cazorla, C., Cagliero, M., Lardone, A., Bojanich M. y Aimetta, B. 2013. Efecto de la fertilización sobre la eficiencia del uso del agua de especies invernales utilizadas como cultivos de cobertura. *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA, La Pampa, Argentina, pp.138-147.
- Capurro, J., Dickie, M.J., Ninfi, D., Surjack, J., Monti, J., Ninfi, D., Zazzarini, A., Tosi, E., Adriani, J., Gonzalez, M.C. 2013. Cultivos de cobertura en el Sur de la provincia de Santa Fe. In: Alvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M. (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA, La Pampa, Argentina, pp. 92–104.
- Capurro, J. E. 2017. Efectos de un cultivo de cobertura sobre propiedades edáficas y uso del agua en ambientes con erosión hídrica y monocultivo de soja, en el sur de la provincia de santa fe. Tesis de maestría en Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. 159 págs.
- Duval, M. E., Capurro, J. E., Galantini, J. A., & Andriani, J. M. 2015. Use of cover crops in soybean monoculture: Effects on water and carbon balance | Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: Efectos sobre el balance hídrico y orgánico. *Ciencia Del Suelo*, 33(2), 247–261.
- Fernández, R; Quiroga, A; Arenas, F; Antonini, C & Saks, M. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Publicación Técnica No 71. EEA INTA Anguil. Capítulo V.
- Fernández R, J Saks, J Arguello, A Quiroga y E Noellemeyer. 2010. Cultivo de cobertura, ¿una alternativa viable para la Región Semiárida Pampeana?



- Fernández, R; A Quiroga & E Noellemeyer. 2012. Cultivos de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana? *Ciencia del suelo* 30(2): 137-150.
- Pinto P, Fernández-Long ME, Piñeiro G. 2017. Including cover crops during fallow periods for increasing ecosystem services: is it possible in croplands of southern South America? *Agric Ecosyst Environ* 248:48–57. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.028>
- Piñeiro, G.; Pinto, P.; Arana, S.; Sawchik, J.; Díaz, J.E.; Gutiérrez, J.; Y Zarza, R. 2014. Cultivos de Servicio: Integrando La Ecología Con La Producción Agrícola. In XXVI Reunión Argentina de Ecología. Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.
- 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.
- Scianca, C. 2010. Cultivos de cobertura en molisoles de la región pampeana. Producción de materia seca, eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2118/SCIANCE-Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Scianca, C; Pérez, M.; Barraco, M; Lardone, A. 2011. Cultivos de cobertura en sistemas de producción orgánica: producción de materia seca e impacto sobre algunas propiedades edáficas y poblaciones de malezas. Memoria técnica 2010-2011. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2011\\_scianca\\_cc\\_sistemas\\_organicos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2011_scianca_cc_sistemas_organicos.pdf)





## **CULTIVOS DE COBERTURA COMO ANTECESORES DE MAÍZ Y SOJA: EFECTOS SOBRE EL COP EN UN HAPLUDOL TÍPICO SERIE JUNÍN**

Tellería, M.G.<sup>1\*</sup>, M.P. Melilli<sup>2</sup>, L.A. Milesi Delaye<sup>3</sup>

<sup>1</sup>AER INTA Junín - UNNOBA;

<sup>2</sup>AER INTA Junín; <sup>3</sup>EEA INTA Pergamino-UNNOBA.

\*Ruta Nac. 7 y Gaucho Argentino s/n, Junín Prov. de Buenos Aires, telleria.maria@inta.gob.ar

### **RESUMEN**

En el Norte de la provincia de Buenos Aires los lotes bien rotados siguen una secuencia trigo/soja – maíz – soja 1º, en los cuales quedan baches de largos períodos de barbecho invernal. La ubicación de los cultivos de cobertura en esos períodos permitiría eficientizar la captura de recursos y cooperar a la sustentabilidad del sistema. En el 2020 se instaló un ensayo en un suelo Hapludol típico, serie Junín con inclusión de cultivos de cobertura como antecesor de maíz y soja con el objetivo de evaluar su efecto acumulado como antecesor y sobre la fracción lábil del C del suelo. El ensayo se instaló en el 2020 sobre un suelo Hapludol Típico Serie Junín. Los tratamientos evaluados fueron: Barbecho- Mezcla- Avena- Raigrás. El diseño del ensayo fue en franjas con dos repeticiones. Al momento de cosecha del cultivo de grano se midió el rendimiento y luego se midió el contenido de carbono orgánico particulado (COP) a las profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm. El primer año hubo diferencias entre especies en producción de materia seca, el raigrás fue la especie que menos produjo. El cultivo de maíz presentó un rendimiento superior en el tratamiento bajo barbecho y rindió menos en las parcelas con coberturas, debido a las restricciones hídricas del año. El cultivo de soja no se cosechó debido a las restricciones hídricas. El COP fue significativamente superior en las parcelas con cobertura el primer año. Al comparar el COP a cada profundidad, no hubo diferencias entre tratamientos, aunque la tendencia fue menores valores de COP bajo barbecho. El segundo año se observó el mismo comportamiento, menores valores de COP en las parcelas bajo barbecho y al comparar el efecto del antecesor sobre cada profundidad, de 0-5 y 5-10 cm hubo una tendencia a mayores valores bajo coberturas.

**Palabras clave:** cultivos de cobertura, carbono orgánico particulado, maíz.

### **INTRODUCCIÓN**

La intensificación agrícola consiste en incrementar la cantidad de cultivos por unidad de tiempo de manera de maximizar el aprovechamiento de los recursos del ambiente (agua, radiación y nutrientes). A través de la intensificación es posible reducir las pérdidas por evaporación y escurrimiento del agua del suelo, reducir la pérdida de nutrientes móviles, lograr aportes más frecuentes y de mayores volúmenes de rastrojos que se traducirán en una mejora en el stock de carbono y en sus fracciones lábiles, las cuales contribuyen a la oferta de nutrientes de los cultivos (Caviglia & Novelli, 2011). Respecto a los incrementos en el contenido de carbono del suelo, los cultivos de cobertura contribuyen fundamentalmente a la materia orgánica particulada (Quiroga *et al.*, 2005; Sainju *et al.*, 2002). Este efecto es atribuido a los mayores aportes de residuos y raíces de cultivos y a la mayor estabilidad de agregados que se generan (Liu *et al.*, 2005).

En el Norte de la provincia de Buenos Aires los lotes bien rotados siguen una secuencia típica trigo/soja – maíz – soja 1º, en los cuales quedan baches de largos períodos de barbecho invernal sin cultivos. La ubicación de los cultivos de cobertura en esos períodos de barbecho invernales permitiría eficientizar la captura de recursos y cooperar a la sustentabilidad del sistema.



En el 2020 se instaló un ensayo en un suelo Hapludol típico, serie Junín con inclusión de cultivos de cobertura como antecesor de maíz y soja con el objetivo de evaluar su efecto acumulado como antecesor y sobre la fracción lábil del C del suelo (COP).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en el 2020 en el Campo Experimental de la UNNOBA sobre un suelo Hapludol típico, Serie Junín. El diseño del ensayo fue en franjas con una repetición. El tamaño de parcelas fue de 8 m de ancho por 30 m de largo. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: Barbecho - Cobertura (Mezcla: de vicia+avena+trébol rojo+centeno) - Cobertura (Avena) - Cobertura (Raigrás) como antecesores de cultivos de grano: maíz y soja, iniciándose el ensayo en 2020 con la siembra de maíz.

Las parcelas fueron sembradas con máquina sembradora entre los meses de abril y mayo, dependiendo del año. En octubre cuando las coberturas se encontraban en floración se realizaron cortes para la determinación de la producción de materia seca de cada parcela. Se realizaron los cortes con tijera de una superficie de 1 m<sup>2</sup>, las cuales luego fueron secadas hasta peso constante. Se realizaron dos réplicas de cada parcela. Las coberturas fueron roladas y secadas en los meses de octubre y noviembre. La siembra de los cultivos de grano se realizó con máquina sembradora.

Posterior a la cosecha del cultivo de grano, se realizó un muestreo para evaluar el COP (Carbono Orgánico Particulado). Se tomaron muestras compuestas de cada parcela con barreno a una profundidad de 0-20 cm, las cuales fueron estratificadas de 0-5, 5-10 y 10-20 cm. Las muestras para COP fueron analizadas con el método de Fraccionamiento granulométrico (Cambardella & Elliot, 1992).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción de Materia Seca

Las dos campañas evaluadas se caracterizaron por ser diferentes en cuanto al volumen de precipitaciones en el período en el cual se desarrollaron las coberturas, no obstante, la producción de Materia Seca (kg/ha) promedio de las tres especies fue muy similar (Tabla 1). Se realizó un ANOVA para detectar si hubo diferencias en producción entre especies, los resultados arrojaron que el primer año el raigrás fue la especie de menor producción de MS y el segundo año las diferencias no fueron significativas, pero se encontró la misma tendencia (Tabla 2).

Tabla 1. Precipitaciones de marzo a octubre y producción de Materia Seca (promedio de las tres especies) para los dos años.

	Precipitaciones	Materia Seca
	Marzo-octubre	(kg/ha)
2020	687	4894
2021	426	5000

Tabla 2. ANOVA de producción de Materia Seca de las especies utilizadas como cobertura para cada año.

Año	Producción de Materia Seca (kg/ha)		
	Raigrás	Mezcla	Avena
2020	3971	5317	5396
$p = 0,03$			
$CV = 4,55$			
2021	3563	5250	6188
$p = 0,3$			
$CV = 27,52$			





## Rendimiento del cultivo de grano

### Maíz 2020

Posterior al rolado y secado de las coberturas en el 2020 se realizó la siembra del cultivo de maíz en noviembre 2020. El material utilizado fue SYT 35-30 BT (Soytech).

El cultivo de maíz se vio afectado en sus etapas vegetativas iniciales, debido a las escasas precipitaciones durante este período (Figura 1). Las parcelas más afectadas fueron las que tuvieron como antecesor la cobertura de raigrás, posiblemente debido a que dejaron el perfil menos provisto de humedad, aunque este dato no fue medido. En tanto que las parcelas de maíz sobre barbecho fueron las que presentaron un mejor estado inicial. Sin embargo, este efecto desapareció a lo largo del ciclo del cultivo en la medida que el régimen de precipitaciones se fue restituyendo, aunque nunca alcanzaron los valores promedios habituales (Figura 1).

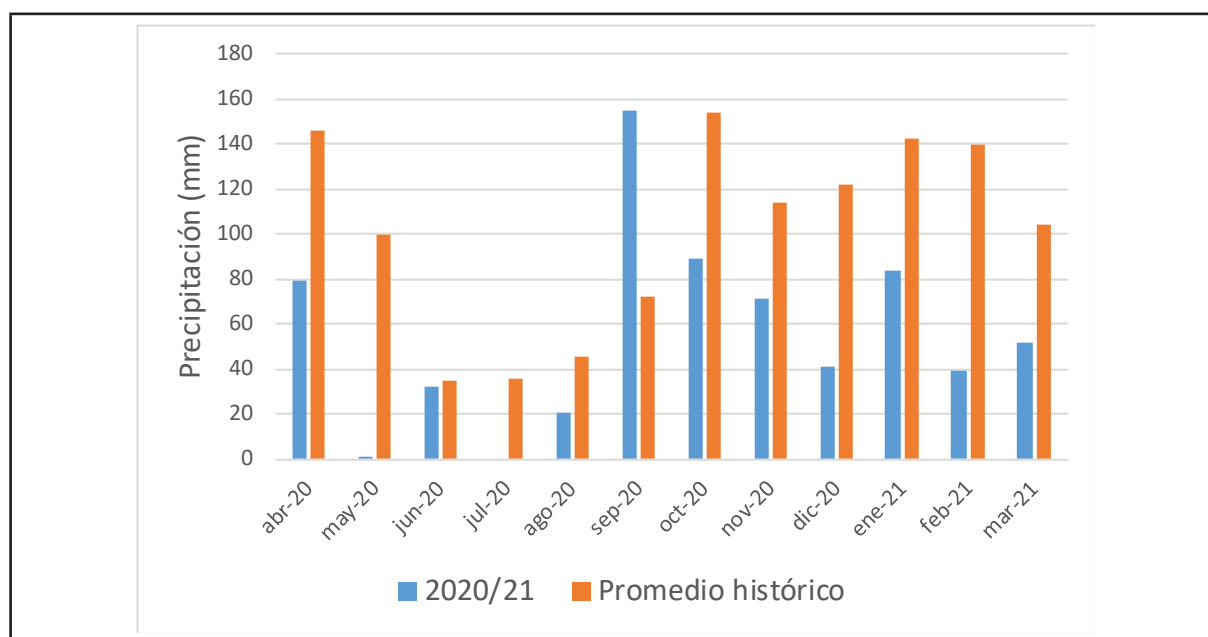


Figura 1. Precipitaciones (mm) durante el período comprendido desde la implantación de las coberturas (mayo 2020) a madurez del maíz (marzo 2021) y su comparación con el promedio histórico.

Al momento de la cosecha se midió el rendimiento en grano y se evaluó el efecto de cada antecesor. El ANOVA arrojó que el maíz rindió más en la situación bajo barbecho y no hubo diferencias en el rendimiento del cultivo de acuerdo a cuál había sido la especie utilizadas como cobertura previa (Tabla 3).

Secuencia	Maíz s/c	Mezcla/maíz	Avena/maíz	Raigrás/maíz
Rendimiento seco (kg ha <sup>-1</sup> )	12152	9887	8975	9816
p valor	0,0037			
CV (%)	12,97			
DMS	1599			

### Soja 2021

La soja sembrada en diciembre 2021 debido a las escasas precipitaciones y altas temperaturas críticas durante diciembre/enero perjudicaron gravemente al cultivo y hubo una muy mala implantación del cultivo, con lo cual se lo picó y no se cosechó.

### Resultados del COP del suelo

En la Tabla 4 se presentan los resultados del COP del suelo medidos en marzo de 2021, posterior a la cosecha del maíz. Se realizó un ANOVA de dos factores evaluando el efecto del antecesor y de la profundidad en





el contenido del COP. Los resultados arrojaron que hubo diferencias estadísticas significativas en el COP por efecto del antecesor (Tabla 4 y Figura 2). El contenido de COP del suelo fue significativamente menor en las parcelas que no habían tenido cobertura como antecesor respecto a las parcelas que habían tenido raigrás y mezcla como antecesor, no detectándose diferencias significativas en el contenido de COP entre el resto de las parcelas. También se observó que el COP se modificó en forma significativa con la profundidad, marcando una importante estratificación en superficie (0-5 cm) y una disminución con la profundidad en los otros dos estratos (5-10 y 10-20 cm) (Figura 2).

Tabla 4. Resultados de COP del suelo en marzo 2021.			
Antecesor	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Avena	0,60	0,24	0,130
Barbecho	0,49	0,27	0,138
Mezcla	0,69	0,28	0,145
Raigrás	0,72	0,31	0,141
ANOVA de dos factores (antecesor y profundidad)			
Antecesor: $p=0,0076$			
Profundidad: $< 0,0001$			
Antecesor x Profundidad: $p= 0,020$			
CV (%): 11,38			
ANOVA para cada estrato de profundidad			
0-5 cm: $p= 0,10$ CV= 10,52			
5-10 cm: $p= 0,17$ CV= 7,22			
10-20 cm: $p= 0,34$ CV= 5,07			

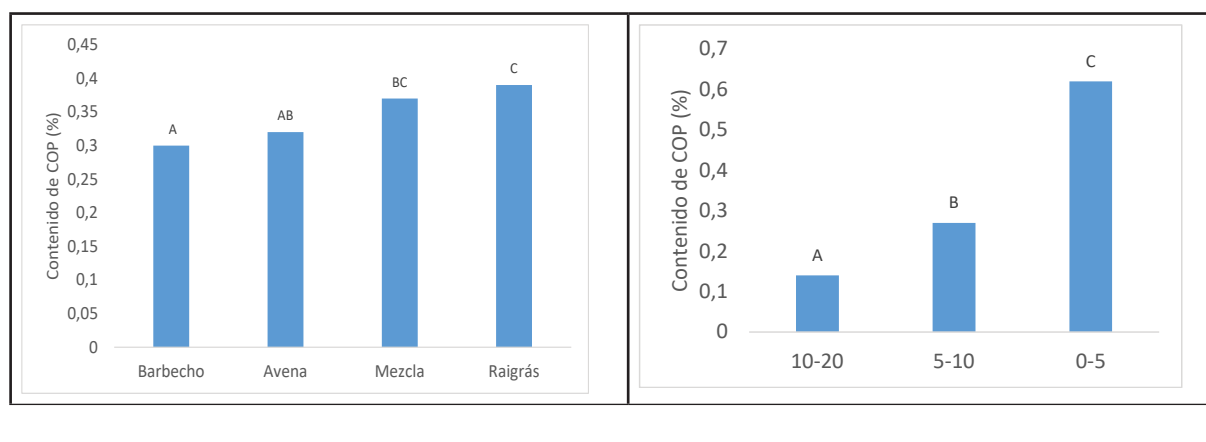


Figura 2. Contenido de COP (%) del suelo según cultivo antecesor y profundidad (cm). Año 2021.

Para cada estrato de profundidad se evaluaron las diferencias entre antecesores. Para la profundidad de 0-5 cm no se observaron diferencias en el contenido del COP, aunque hay una tendencia a menores valores en las parcelas bajo barbecho (Tabla 4). Para las profundidades 5-10 y 10-20 cm, no se observaron diferencias entre antecesores.

En la Tabla 5 se presentan los resultados del COP del suelo medidos en marzo de 2022, momento que hubiera coincidido con la cosecha de soja, la cual fue picada y dejada sobre la superficie del suelo. Se realizó un ANOVA de dos factores evaluando el efecto del antecesor y de la profundidad en el contenido del COP. Los resultados arrojaron que no hubo diferencias estadísticas significativas en el contenido del COP del suelo por efecto del antecesor (Tabla 5 y Figura 3). No obstante, se observa una tendencia a menores valores de COP con el tratamiento barbecho como antecesor en los estratos de 0-5 y 5-10 cm. Se observó que el COP se modificó en forma significativa con la profundidad, marcando una importante estratificación en superficie

(0-5 cm) y una disminución con la profundidad en los otros dos estratos (5-10 y 10-20 cm) (Figura 3).

Tabla 5. Resultados de COP del suelo en marzo 2022.			
Antecesor			
	0-5 cm		
		5-10 cm	
		10-20 cm	
Avena	0,83	0,35	0,23
Barbecho	0,74	0,29	0,22
Mezcla	0,78	0,37	0,19
Raigrás	0,99	0,52	0,18
ANOVA de dos factores			
Antecesor: $p= 0,39$			
Profundidad: 0,001			
Antecesor x Profundidad: $p= 0,79$			
CV (%): 30,5%			
ANOVA para cada profundidad			
0-5 cm: $p= 0,79$ CV= 31,36			
5-10 cm: $p= 0,76$ CV= 57,8			
10-20 cm: $p= 0,82$ CV= 31,5			

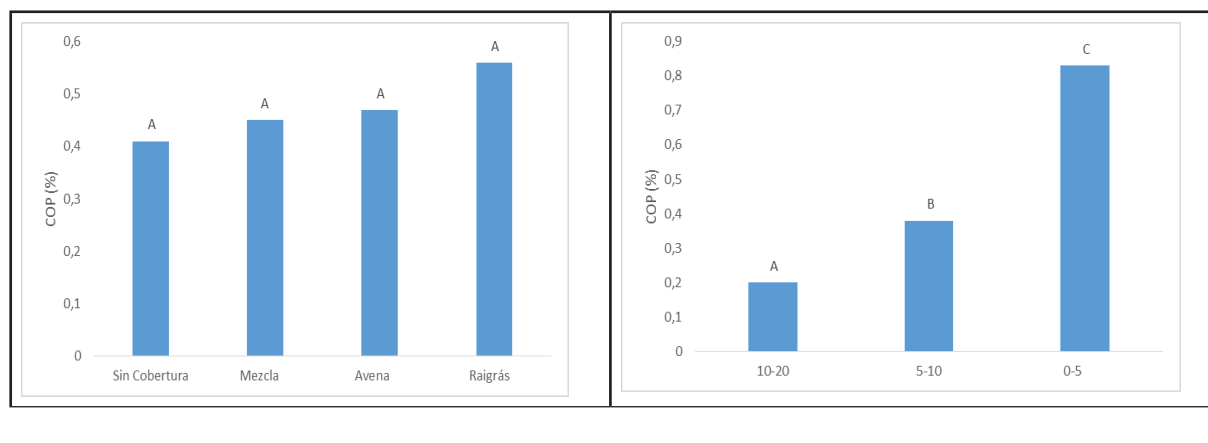


Figura 3. Contenido de COP (%) del suelo según cultivo antecesor y profundidad (cm). Año 2022.

Para cada estrato de profundidad se evaluaron las diferencias entre antecesores. Para la profundidad de 0-5 y 5-10 cm no se observaron diferencias entre tratamientos, aunque se observa una tendencia a menores valores de COP para las parcelas bajo barbecho (Tabla 5), en tanto que para la profundidad 10-20 cm no se observa ninguna tendencia.

Rillo *et al.* (2018) en un ensayo de larga duración donde se evaluaron los efectos acumulados de 10 años de cultivos de cobertura de gramíneas utilizados como antecesores de maíz y soja, hallaron incrementos del 58,8% del CO total y particulado, además de mejoras en otras propiedades físicas como la infiltración bajo un suelo Hapludol éntico.

En una red de ensayos en la cual se evaluó la inclusión de cultivos de cobertura en rotaciones agrícolas en sitios ubicados en la región subhúmeda y semiárida pampeana, Álvarez *et al.* (2016) encontraron que en todos los suelos evaluados hubo un incremento en los valores de COP a la profundidad de 0 a 5 cm del suelo por efecto de las coberturas. En tanto que a la profundidad de 5 a 10 cm también se encontraron incrementos, aunque de menor magnitud. Vale mencionar que en estos ensayos se utilizaron diferentes especies como coberturas: leguminosas, gramíneas y crucíferas.



## CONCLUSIONES

El efecto de dos años acumulados de coberturas muestra una tendencia a generar incrementos en los valores de COP del suelo a la profundidad de 0 a 5 cm. Es posible que la corta historia del ensayo aún no haya sido suficiente para lograr una respuesta significativa.

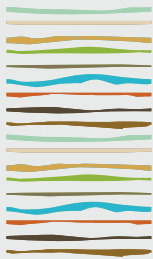
El efecto antecesor aún no ha podido verificarse debido a que uno de los cultivos de grano no se estableció correctamente (soja) en tanto que el maíz presentó una disminución de rendimiento al ser antecedido por coberturas debido a que fue un año muy restrictivo desde el punto de vista hídrico.

La propuesta de trabajo es continuar evaluando durante un plazo mayor (10 años o más) los efectos acumulados en suelo y cultivo para obtener resultados más estables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez C, M Barraco, C Cazoria, JC Colazo, J de Dios Herrero, A Lardone, P Girón, S Restovich & S Rillo. 2016. Mejora de propiedades edáficas con inclusión de cultivos de cobertura en agroecosistemas pampeanos. XXV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Rio Cuarto, Argentina. Del 27 de junio al 1 de julio de 2016.
- Cambardella, CA & ET Elliot. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783.
- Caviglia O & L Novelli. 2011. Intensificación agrícola: un enfoque a nivel de sistema para mejorar la eficiencia en el uso de recursos y nutrientes, y la sustentabilidad ambiental. Simposio Fertilidad 2011. Pp: 35-42.
- Liu A, BL Ma & AA Bomke. 2005. Effects of Cover Crops on Soil Aggregate Stability, Total Organic Carbon, and Polysaccharides. *SoilSci Am J* 69: 2041-2048.
- Quiroga AR, D Funaro & R Fernández. 2005. Propiedades edáficas en molisoles bajo siembra directa. EEA Anguil. Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmedas pampeana. *Boletín de Divulgación Técnica* N° 87: 3-16.
- Rillo S, C Álvarez, A Quiroga, E Noellemeyer, M Díaz Zorita & I Frasierl. 2018. Cambios en los contenidos de carbono e infiltración por la inclusión de cultivos de cobertura. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Miguel de Tucumán. Pp: 1303-1308.
- Sainju UM, BP Singh & WF Whitehead. 2002. Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in Sandy loam soil in Georgia, USA. *Soil and Tillage Research* 63: 167-179.





## STOCKS DE CARBONO Y DE FÓSFORO EN ENTISOLES DE CORRIENTES BAJO SISTEMAS NATURAL Y FORESTAL

Toledo, D.M.<sup>1\*</sup>, S.M. Contreras Leiva<sup>1</sup>, T.S. Rey Montoya<sup>1</sup>, M. Garay<sup>1</sup>, C. Grancic<sup>1</sup>, J.A. Galantini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Edafología; Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131. Corrientes CP:3400;

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Sur- CIC-CERZOS, CONICET, Bahía Blanca . Pcia de Buenos Aires. CP:8000.

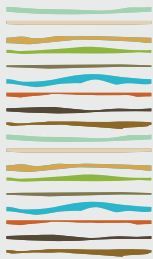
\*marcelatoledo94@hotmail.com

### RESUMEN

En las dos últimas décadas el avance de forestaciones con especies exóticas en el norte de Corrientes ha sido muy relevante, mayormente a expensas del reemplazo de la vegetación natural por especies exóticas del género *Pinus*. Gran parte de los suelos son de reciente formación, susceptibles a la erosión (Inceptisoles y Entisoles). El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la eliminación del pastizal natural y posterior forestación con coníferas (*Pinus sp.*) sobre las reservas de carbono y de fósforo en Entisoles de régimen ácuico del N-NE de la provincia 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, a 4 profundidades: 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m y 0,30-1 m. Las variables evaluadas fueron: textura, pH, densidad aparente (Da), carbono orgánico (COS) y fósforo asimilable (Pa). Los stocks de carbono (SC) de 0 a 0,30 m y de 0 a 100 cm y los stocks de fósforo (SP) hasta los 0,30 m de profundidad, se efectuaron aplicando formulaciones con correcciones por profundidad, debido a que se encontraron diferencias significativas en los valores de Da (primera profundidad). Los resultados fueron analizados mediante ANOVA, y una prueba de comparaciones de medias a través de un test LSD ( $P < 0,05$ ). Los suelos bajo Pz presentaron pH moderadamente ácido, en tanto que bajo Pi los suelos resultaron de moderadamente a fuertemente ácido, con diferencias significativas en las dos primeras profundidades ( $P < 0,0001$ ). En ambos tratamientos la clase textural fue arenoso a arenoso franco. Respecto a la Da, las medias de ambos tratamientos y de todas las profundidades estudiadas variaron entre 1,35 y 1,62 Mg m<sup>-3</sup>. Los mayores valores correspondieron a Pz, con diferencias significativas en la primera profundidad ( $P < 0,004$ ). Los suelos bajo Pi presentaron menores valores de P y de COS, con diferencias significativas para este último en la primera profundidad ( $P < 0,03$ ), indicando una degradación del suelo. El SC calculado hasta los 0,30 m fue de 48 Mg ha<sup>-1</sup> para Pz y 35 Mg ha<sup>-1</sup> para Pi ( $P < 0,03$ ), en tanto que el SC hasta 1 m de profundidad fue de 56 y 40 Mg ha<sup>-1</sup> ( $P < 0,01$ ). Respecto al SP, fue mayor bajo Pz, sin diferencias significativas respecto a Pi. La eliminación del pastizal y su reemplazo por Pi provocó pérdidas del orden del 27,9% del SC para los primeros 0,30 m y del 29% para 1 m, indicando mayores emisiones de CO<sub>2</sub> desde el sistema forestal, degradación y pérdida de calidad edáfica por el cambio en el uso de las tierras.

**Palabras clave:** calidad química del suelo, uso forestal, captura de Carbono





## INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS EN EL IMPENETRABLE CHAQUEÑO EN AREAS BAJO PRODUCCIÓN APÍCOLA

Toledo, D.M.<sup>1\*</sup>, S.M. Contreras Leiva<sup>1</sup>, C. Salgado<sup>2-3</sup>, S. Sobrado<sup>3-4</sup>, R. Teves<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Edafología, (FCA-UNNE);

<sup>2</sup> Cátedra de Morfología de las Plantas Vasculares (FCA-UNNE),

<sup>3</sup> Instituto de Botánica del Nordeste IBONE (UNNE-CONICET);

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura-UNNE (Corrientes).

<sup>5</sup> Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

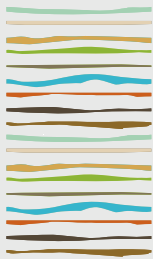
\*[marcelatoledo94@hotmail.com](mailto:marcelatoledo94@hotmail.com)

### RESUMEN

El "Impenetrable" presenta una vegetación densa, cerrada y espinosa que cubre 4 millones de hectáreas al Noroeste de la provincia del Chaco, Este de Salta, Oeste de Formosa y el Noreste de Santiago del Estero. En la producción apícola, los recursos florales, el polen y el néctar son elementos claves relacionados a la salud de la colmena, a la producción y a la calidad del polen corbicular y de la miel. A la fecha, sólo existen antecedentes referidos al origen botánico de las mieles y a parámetros físico-químicos de las mismas, queremos comprobar si existen parámetros edáficos asociados a la calidad de la miel. Este trabajo es un avance de lo efectuado hasta la fecha en el marco del Proyecto PICTO 2019-00022, principalmente referido a la caracterización de los suelos de los apiarios de 5 localidades del Impenetrable Chaqueño, como parte integral del sistema productivo apícola. El objetivo fue evaluar parámetros físicos, físico-químicos y químicos de suelo y su posible utilización como indicadores de calidad en apiarios de "El Impenetrable chaqueño" a fin de contar con información que permita a futuro evaluar su posible influencia en la calidad de los recursos florales, las cargas corbiculares, la miel y el estado sanitario de las colmenas. Se trabajó en el Departamento General Güemes (Chaco), en apiarios de las localidades: El Sauzalito (3), Wichi (2), Miraflores (2), J.J.Castelli (2) y Pozo La Gringa (1) del Impenetrable chaqueño. Se seleccionaron y georreferenciados los 10 apiarios, colectando especies en flor, evaluando la vegetación y el paisaje. Se tomaron 51 muestras compuestas de suelos de 0 a 20 cm, correspondientes a las unidades de vegetación identificadas (monte, tuscal, vinalal, monte bajo, palma, agrícola, pastizal) y teniendo en cuenta el relieve de cada apiario en estudio. Se trabajó en un radio 1 km respecto al punto donde se encontraban las colmenas. Se determinaron: textura: contenido de limo + arcilla (Li+arc), densidad aparente, pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio efectiva (CICe), materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), acidez y aluminio intercambiables. Los datos fueron analizados mediante un ANOVA y una prueba LSD ( $P < 0,05$ ). Los suelos de los apiarios de Miraflores, Castelli, El Sauzalito, La Gringa presentaron pH entre y se diferenciaron de Wichi que presentaron pH mayores cercanos a 8,2 ( $P < 0,003$ ). La textura varió de arcillosa a franco arcillosa y franco-arcillo-arenosa, los mayores contenidos de Li en los apiarios de El Sauzalito, y los de mayor contenido de arena (36%) y menores contenidos de Ca, Mg, K, de CICe ( $9,4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ ) y de MO (1,6%) los apiarios de Wichi ( $P < 0,04$ ). Un 20% de los apiarios presentaron sales solubles y mayor CE (1,5 a  $4,4 \text{ Ds} \cdot \text{m}^{-1}$ ). Los contenidos de MO, Nt, P se encontraron dentro de rangos de buena disponibilidad. La MO señaló el orden Wichi < Sauzalito  $\leq$  Castelli  $\leq$  Miraflores ( $P < 0,003$ ). Los indicadores de calidad que resultaron sensibles para evaluar y monitorear suelos de apiarios del Impenetrable chaqueño fueron pH, CE, Li+arc, MO, Nt, Ca, Mg, Na intercambiables.

**Palabras clave:** producción apícola, caracterización de suelos, salud del suelo





## IMPACTO DE LOS INCENDIOS SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES EDÁFICAS EN SISTEMAS NATURALES Y FORESTALES DE CORRIENTES

Toledo, D.M.<sup>1\*</sup>, T.S. Rey Montoya<sup>1</sup>, C. Grancic<sup>1</sup>, S.M. Contreras Leiva<sup>1</sup>, M. Garay<sup>1,2</sup>, H.C. Dalurzo,<sup>2</sup> M.B. Mastandrea<sup>1</sup>, M.N. Aquino Soler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Edafología;

<sup>2</sup>Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos. Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131. Corrientes CP:3400.

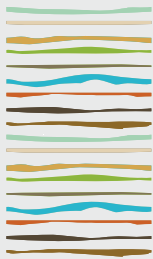
\*marcelatoledo94@hotmail.com

### RESUMEN

En el Norte de la provincia de Corrientes abundan suelos pertenecientes a los órdenes Inceptisoles y Entisoles, sobre los cuales en las últimas décadas se han reemplazado pastizales por forestaciones con especies exóticas principalmente Pino y Eucaliptus. Una parte de la superficie del departamento Ituzaingó, ha sido alcanzada a principios del año 2022 por incendios que afectaron a los cultivos, plantaciones forestales, pastizales, animales, etc. impactando fuertemente a los recursos naturales y al sector productivo de la región. Ante esta emergencia originada por la sequía e incendios, nos propusimos trabajar para determinar la situación actual de los suelos afectados por los incendios en el Departamento de Ituzaingó, Corrientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto producido por los incendios sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Se tomó como base de la situación anterior a los incendios (situación de referencia) los resultados obtenidos por un Proyecto de investigación de la Cátedra de Edafología (PI 16A007) correspondiente a los mismos suelos, lotes y sistemas (Inceptisoles bajo pastizal (Pz), y Pino (Pi), con respecto a los cuales se compararon los resultados obtenidos post incendios. Para ello, se muestrearon lotes del Departamento Ituzaingó que se encontraban en las ubicaciones georreferenciadas (PI16A007), bajo pastizal (PzQ) y pino (PiQ), del orden Inceptisol que fueron alcanzados por el fuego. Se tomaron muestras de suelo de 0-10 y 10-20 cm de profundidad y se determinaron: densidad aparente (Da), pH, carbono orgánico (CO), nitrógeno total (Nt) y textura. Por cálculo se obtuvieron: índice de estabilidad estructural (IE), Limo+Arcilla (Li+Arc), y relación C/N. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba LSD ( $P < 0,05$ ), y corresponden a información preliminar del impacto del fuego sobre las situaciones bajo estudio. Los suelos alcanzados por los incendios, tanto bajo sistema de pastizal como forestal, sufrieron una acidificación, presentando los menores valores de pH con diferencias significativas respecto de la situación pre-incendio en la segunda profundidad ( $P < 0,001$ ). Los suelos bajo pastizales alcanzados por el fuego (PzQ) presentaron menores valores de CO, Nt, IE, relación C/N, respecto a la situación de pastizal pre-incendio (Pz), con diferencias significativas en las dos profundidades ( $P < 0,05$ ), a excepción del Nt que mostró diferencias sólo en la primera profundidad ( $P < 0,013$ ). No se encontraron diferencias entre las situaciones pre y pos incendio respecto a la textura, tampoco respecto a Li+Arc. El fuego afectó a los atributos químicos estudiados y al índice estructural por su relación con los contenidos orgánicos. Considerando los primeros 10 cm de suelo, las pérdidas de carbono por efecto del fuego fueron del 60% en los sistemas de pastizales y del 50% en los sistemas forestales, post-incendio. Las pérdidas de nitrógeno fueron del orden del 44% y 12% en suelos bajo sistemas de pastizales y forestaciones de Pino respectivamente, cuando fueron alcanzados por el fuego. De los atributos físicos, el IE disminuyó 52 y 53% en suelos bajo pastizales (PzQ) y forestaciones de Pino (PiQ), denotando que el fuego impactó negativamente no sólo en los contenidos orgánicos sino también en la calidad física del suelo.

**Palabras clave:** emergencia sequía e incendios, suelos y sustentabilidad, efectos del fuego.





## SOIL AGGREGATE STABILITY AFTER WINTER COVER CROPS AND DIFFERENT TILLAGE PRACTICES

Valle, T.R.S.<sup>1\*</sup>, Sena, A. F. S.<sup>1</sup>, Quicaña, A. D. C.<sup>1</sup>, Souza, E.G.T.<sup>1</sup>, Kroth, L.V.E.<sup>1</sup>, Martins, A. P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Soils and Soil Science Post-Graduate Program, Faculty of Agricultural and Life Sciences, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS).

\*Avenida Bento Gonçalves nº 7712 - Agronomia, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

[valle.thamires@gmail.com](mailto:valle.thamires@gmail.com)

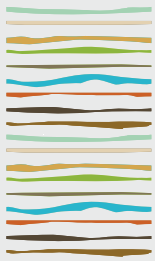
### ABSTRACT

Maize crops for silage production are common in the milk producing regions of Southern Brazil. Although they guarantee regular supply of food for the animals, the crops are usually under soil compaction and hibernation fallow leading to damages in soil structure. The objective of the work was to evaluate the effects of chisel plowing and winter cover crops on soil Aggregate Stability (AS) in maize crop for silage production. The experiments have been conducted since 2018 in Southern Brazil. The soil was clay loam texture which was classified as Luvisols according to Brazilian Soil Classification System, and the region climate is Cfa in Köppen's classification. The experiments design consisted of completely randomized blocks (three replications) and were distinguished by perform or not chisel plowing after maize harvest and before winter cover crops sowing (12.5 m x 60 m). Then 12 plots (12.5 m x 5 m) were placed related to the following winter cover crops [1- white oats (*Avena spp.*), 2- white oats + vetch (*Vicia sativa*), 3- radish (*Raphanus sativus*), and 4- fallow (spontaneous plants)]. Regardless tillage practice, maize was sowed directly above straw. Sampling occurred in the 0-5, 5-10, and 10-20 cm soil layers at two times in the year of 2020: after maize harvest (April) and during winter (October). The results were analyzed according to linear mixed model, considering the layers independently ( $p < 0.05$ ). Pairwise comparison was performed as a *post hoc* analysis. Considering chisel plowing experiment and soil sampling after maize harvest, the soil under fallow condition had higher AS compared to the soil cultivated with the cover crops, and this difference was lost during winter. Even in a short time interval, white oats and radish sowed after chisel plowing were able to raise the soil AS. In regard of soil layers under chisel plowing experiment, the cover crops contributed to increase of soil AS from April to October, except of white oats + vetch in the 10-20 cm layer. And the soil which remained in fallow condition decreased its AS in 0-5 and 10-20 cm layers. Considering no chiseling experiment and soil sampling after maize harvest, soils under white oats and white oats + vetch crops had greater AS, followed by radish and fallow, and this difference was lost during the winter. There were also no differences in soil AS between seasons, indicating that the absence of chiseling contributes to a more uniform soil in terms of soil AS. In regard of soil layers, the soil AS decreased in the 0-5 cm layer and increased in the 5-10 and 10-20 cm layers between the seasons. In no chiseling experiment, the difference in soil AS between cover crops and fallow was detected only in layers 5-10 and 10-20 cm after maize harvest. In general, white oat and radish proved to be efficient crops in the recovery of soil AS under chisel plowing tillage practice. Also, the suppression of chiseling benefits the increase of soil AS, regardless of the cultivation of cover crops or fallow.

**Keywords:** chisel plowing, soil management, *Zea mays*.







## **CARACTERIZACIÓN DE TORMENTAS DE SAL PROVENIENTES DE LA LAGUNA MAR CHIQUITA, PROVINCIA DE CÓRDOBA**

Díaz, C.C.<sup>1</sup>, L.I. Molina Ordoñez<sup>1</sup>, C.I. Vettorello<sup>1</sup>, H.P. Apezteguía<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias; Felix Marrone 746. Ciudad Universitaria. (5000), Prov. De Córdoba, caroladiaz@agro.unc.edu.ar

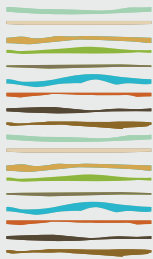
### **RESUMEN**

Los suelos salinos constituyen un problema de importancia creciente en el mundo. En Argentina ocupan una significativa proporción de la superficie y en la provincia de Córdoba hay 2,3 millones de hectáreas afectadas en algún grado por salinidad. En los ambientes semiáridos y salinos del NE de la provincia de Córdoba la agricultura avanzó sobre superficies que se destinaban a ganadería, con un cambio en las formas de producción hacia sistemas más intensivos. Esto ocasionó la extracción excesiva de agua para riego de los ríos que abastecen a la laguna Mar Chiquita, agravado por la disminución de las precipitaciones y el aumento de la evaporación. Provocó también la merma del volumen de agua de la laguna dando lugar a la aparición grandes playas salinas en la costa norte, del orden de las 300 mil hectáreas. En esta zona, desde el año 2006 se produce un fenómeno natural único en América del sur denominadas, tormentas de polvo y sal que se originan en estas playas salinas. El transporte de sedimentos y sales por parte de las tormentas pueden llegar a más de 150 km de distancia de la laguna. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el fenómeno de las tormentas mediante un análisis de cantidad y composición química del material transportado.

La zona de estudio se centró en la Laguna Mar Chiquita (Mar de Ansenúza), y los campos aledaños, ubicados al suroeste de la misma, que forman parte de una cuenca de producción lechera muy importante para la provincia. La investigación se realizó en tres etapas. En la primera, se realizó un proceso de monitoreo mediante imágenes satelitales para detectar la ocurrencia de tormentas. En la segunda etapa se hizo un análisis cuantitativo del polvo depositado sobre los suelos de la zona de estudio, luego de una tormenta. Por último, se estudió la composición química del material presente en las playas salinas de la laguna Mar Chiquita y del polvo transportado por las tormentas. El día 20 de julio de 2020 se registró una tormenta, con una imagen capturada por el satélite Landsat 8, donde se identificó la nube salina de aspecto plumoso con orientación norte-sur. La tormenta ocurrida fue catalogada como de intensidad "media" con un alcance de la pluma salina de 51 km hacia el sur, con transporte de sedimentos salinos provenientes de la playa salina noroeste. Mediante el uso del microscopio electrónico se obtuvieron imágenes de alta resolución con una escala de 200  $\mu\text{m}$  y 40  $\mu\text{m}$  según la muestra. La composición química del material transportado por los vientos presenta un alto porcentaje de sílice, componente principal del loess en Argentina y un nivel muy bajo de cloruro de sodio. A su vez, las concentraciones de cloruro de sodio y la conductividad eléctrica medida en los primeros 5 cm de suelo no se vio modificada luego de la tormenta de sal analizada. Hasta el momento, no se observaron efectos de peligrosidad en el suelo con el aporte de polvo y sal proveniente de la tormenta estudiada.

**Palabras clave:** suelos salinos, imágenes satelitales, playas salinas.





## **CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DE LA SUPERFICIE DE bioporos DE LOMBRIZ USANDO TÉCNICAS DE MINI-INFILTRACIÓN**

Villarreal, R.<sup>1,2\*</sup>, L.A. Lozano<sup>1,2</sup>, M.P. Salazar<sup>1,2</sup>, N.G. Polich<sup>1,2</sup>, G.L. Bellora<sup>1</sup>, C. Miguel, R.H. Ellerbrock<sup>4</sup>, H.H. Gerke<sup>4</sup>, C.G. Soracco<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Suelo para la Sustentabilidad Agrícola y Forestal (CISSAF), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP;

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina;

<sup>3</sup> Working Group "Hydropedology," Research Area 1 "Landscape Functioning", Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Strasse 84, 15374 Müncheberg, Germany;

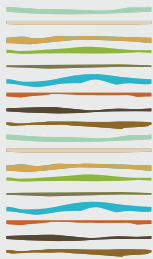
\* Calles 60 y 119 (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina, rafaevillarreal@gmail.com.

### **RESUMEN**

El fenómeno de flujo preferencial implica que el agua que infiltra en el suelo y los solutos disueltos se mueva a través de una fracción de poros reducida como grietas o bioporos, evitando la matriz del suelo. Una de las principales vías que influye en el proceso de flujo preferencial es la presencia de bioporos derivados de la actividad de las lombrices (EB). Este tipo de bioporos presentan la particularidad de estar recubiertos de materia orgánica (MO), lo que deriva en un aumento de la repelencia al agua, pudiendo acelerar el flujo preferencial. Sin embargo, la caracterización hidráulica de este tipo de superficies resulta extremadamente dificultosa debido a la pequeña escala a la cual sucede y al fenómeno de repelencia al agua que generan comportamientos atípicos de infiltración, implicando la imposibilidad de utilizar las ecuaciones estándar. Los objetivos de este trabajo son: i- caracterizar el comportamiento hidráulico de bioporos de lombriz usando técnicas de mini-infiltración; ii- comparar análisis de infiltración estándar con el algoritmo BEST-WR, desarrollado para suelos hidrofóbicos; y iii- determinar la distribución espacial de la repelencia al agua en superficies de bioporos de lombriz y su relación con la composición de la MO. Se extrajeron muestras de los horizontes Bt y C en un Luvisol Háplico característico del campo experimental CarboZALF-D, ubicado en las cercanías de Dedelow, región noreste de Alemania, perteneciente al Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF). En distintos puntos georeferenciados, incluyendo la pared del bioporo y la matriz del suelo, se determinó la conductividad hidráulica a distintas tensiones ( $K(h)$ ), la sortividad del agua y etanol ( $Sw$ ,  $Se$ , respectivamente), el índice de repelencia al agua ( $RI$ ) y el tiempo de cese de repelencia ( $WRCT$ ) a partir de los datos de mini-infiltración. Se usó adicionalmente para el análisis de los datos de mini-infiltración el algoritmo adaptado de estimación de parámetros Beerkan Estimation of Soil Transfer (BEST) para suelos repelentes al agua (BEST-WR). Adicionalmente se determinó el índice de mojabilidad potencial (PWI) con espectroscopía infrarroja en modo de reflectancia difusa (DRIFT). De los resultados obtenidos, se observaron menores valores de  $K$ ,  $Sw$  y  $RI$  en las paredes del bioporo en comparación con la matriz, relacionado a la presencia de grupos funcionales de la MO hidrofóbicos (C-H), los cuales disminuyeron la mojabilidad del suelo. El algoritmo BEST-WR mostró ajustes satisfactorios de las curvas de infiltración acumulada, mostrando valores de  $Sw$  similares a los determinados a través de metodologías estándar, permitiendo la caracterización hidráulica en pequeña escala de superficie de bioporos.

**Palabras clave:** conductividad hidráulica, espectroscopía DRIFT, BEST-WR.





## **RECONVERSIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA A SIEMBRA DIRECTA SOBRE SOJA CONTINUA: INDICADORES EDÁFICOS A LARGO PLAZO**

Visca, L<sup>1</sup>, M. Maury<sup>1</sup>; C. M. Galarza<sup>1</sup>; A. Aoki<sup>2</sup>; V. S. Faggioli<sup>1</sup>, E. I. Balbi<sup>1</sup>; T. Baigorria<sup>1</sup>, M. Defagot<sup>1</sup>, C. A. Lorenzon<sup>1</sup>, M. B. Conde<sup>1</sup>; L. Pereyra<sup>1</sup>; G. Velez<sup>1</sup>; R. Seravalle<sup>1</sup>; P. Marelli<sup>1</sup>; V. R. Pegoraro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

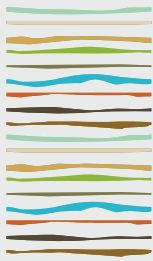
\* Ruta Provincial 12, km 3,5 (2580) Prov. De Córdoba, [pegoraro.vanesa@inta.gob.ar](mailto:pegoraro.vanesa@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

Los sistemas de labranza y la intensificación agrícola, con gran participación del cultivo de soja (*Glycine max* L.), generaron efectos adversos sobre la calidad edáfica. Posteriormente, la expansión de este cultivo conllevó a la adopción de la siembra directa (SD). El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes momentos de reconversión de sistemas de labranza convencional (LC) a sistemas de SD, sobre un cultivo de soja continuo por medio de indicadores edáficos. El estudio se realizó sobre un ensayo en INTA Marcos Juárez, en un suelo Argiudol típico. Se evaluaron tres tratamientos: Control (C): 46 años con SD continua (inicio 1975); Reconversión 1 (R1): 29 años con SD (inicio 1992) y Reconversión 2 (R2): (22 años con de SD (inicio 1999). Se determinó carbono orgánico total de suelo (COS), particulado grueso (COPg), particulado fino (COPf) y estabilizado (COE), como así también respiración microbiana (RM) en 0-10 cm de profundidad. Se analizó rendimientos a partir de una base de datos históricos. El rendimiento de las reconversiones (R1 y R2) de LC a SD lograron presentar similar rendimiento que la SD original (C), sin diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ). Tampoco se halló diferencias estadísticas para los contenidos de COS, COPf y COE que la situación C ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, para el COPg y RM, el tratamiento C presentó mayor cantidad y concentración, en relación a R2 ( $p < 0,10$  y  $0,05$ ). Finalmente, se evidencia una clara tendencia a presentar mayor calidad de suelo a mayor cantidad de años de SD, siendo COPg y RM los indicadores más sensibles para detectar cambios en reconversiones de mayor antigüedad.

**Palabras clave:** carbono orgánico particulado, respiración microbiana, rendimiento de soja.





## PROPIEDADES edáficas Y SU RELACIÓN CON LA DISTRIBUCIÓN DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ

Vucko, A.<sup>1\*</sup>, R.A. Lovato Echeverria<sup>1</sup>, M. Dávalos<sup>1</sup>, S.M. Contreras Leiva<sup>2</sup>, D.M. Toledo<sup>2</sup>, M.G. López<sup>1</sup>

Centro de Malezas - Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE;

<sup>2</sup> Cátedra de Edafología - Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE;

\*Sargento Cabral 2131, (3400) Prov. De Corrientes, ayrton.vucko@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la relación entre algunas propiedades del suelo y la distribución de especies malezas del cultivo de arroz. Los resultados preliminares logrados después de un primer año de relevamientos fitosociológico de malezas en tres lotes de arroz (Yahapé, Corrientes). Durante los meses de abril y agosto de 2021, en cada lote se realizaron 6 censos de la vegetación estableciendo stands de 4 m<sup>2</sup> en transectas paralelas equidistantes, donde se registraron presencia y abundancia/cobertura para cada especie identificada utilizando la escala combinada de Braun-Blanquet. En cada stand se extrajo una muestra simple de 0 a 15 cm y se determinaron: textura, densidad aparente (Da), humedad equivalente, carbono orgánico (CO), pH, conductividad eléctrica, nitrógeno total (Nt), fósforo disponible, calcio, magnesio, potasio, sodio y acidez intercambiable, capacidad de intercambio catiónico efectiva. Las asociaciones entre atributos fitosociológicos de las especies y de suelo fueron interpretadas mediante análisis de componentes principales y correlaciones de Pearson ( $p < 0,05$ ). Se destacaron interacciones significativas como: la abundancia/cobertura de *Ludwigia bonariensis* asociada positivamente con Nt ( $r = 0,52$ ) y arcilla ( $r = 0,45$ ), y negativamente con Da ( $r = -0,43$ ) y arena ( $r = -0,42$ ). Esto, se interpretaría como una afinidad de esta especie por suelos más pesados y fértiles. Se presentó una relación negativa entre la abundancia/cobertura de *Cyperus esculentus* var. *leptostachyus* con CO y Nt ( $r = -0,48$  y  $r = -0,38$  respectivamente) y positiva con arena ( $r = 0,37$ ) y Da ( $r = 0,43$ ). La presencia de *Aeschynomene denticulata* correlacionó positivamente con la Da ( $r = 0,54$ ), y negativamente con limo y CO ( $r = -0,56$ ;  $-0,60$  respectivamente) demostrando, que estas especies estarían más adaptadas a suelos de menor calidad. El análisis de ordenación mostró dependencia de la presencia *Cyperus iria* y *esculentus* a mayores contenidos de arena y potasio (CP1, 67%). mientras que *Coniza bonariensis* estuvo asociada a un gradiente creciente de arcilla y Nt.

**Palabras clave:** Calidad de suelo, Abundancia y cobertura, Malezas en arrozales

### INTRODUCCIÓN

El Comité para la salud del suelo, de la Soil Science Society of America, aceptó la definición de calidad de suelo (CS), como "la capacidad del suelo para funcionar dentro de ciertos límites naturales y antrópicos del ecosistema, sustentar la productividad vegetal y animal, mantener la calidad del agua y del aire, promover la salud de plantas, animales y soportar la habitabilidad y salud del hombre" (Karlen et al., 1997). Se trata de un concepto holístico, que reconoce al suelo como parte de un sistema de producción diverso y dinámico, con atributos físicos, químicos y biológicos, que se pueden cuantificar en escalas temporales específicas, reconoce también los distintos roles de los suelos en los agroecosistemas y sistemas naturales (Karlen et al., 1997; Sánchez et al., 2003).

La CS se relaciona con un gran número de propiedades físicas, químicas, y biológicas ó bioquímicas del



suelo, con el uso, el sistema de cultivo, el tipo de cultivo, las labranzas, el manejo del suelo y su evaluación requiere la selección de aquellas propiedades más sensibles a los cambios producidos e impacta sobre sus funciones entre ellas la del soporte y medio para el desarrollo de la vegetación (Sánchez-Marañón et al, 2002; Zornoza et al., 2015;).

Las distintas propiedades del suelo pueden influir en la densidad de malezas en el campo, en mayor o menor medida. Cuando las especies son ligeramente beneficiadas por algunas propiedades del suelo y desfavorecidas por otras, hay un alto nivel de relación entre la densidad de esas especies con determinadas características del suelo, y en algunos casos la incidencia de una especie en el campo puede limitarse a la existencia de una determinada propiedad (Gaston et al. 2001; Walter et al. 2002; Lousada et al. 2013).

El objetivo de esta investigación fue evaluar como las distintas propiedades físicas, físico-químicas y químicas del suelo interactúan con la ocurrencia de especies malezas del cultivo de arroz en campos del norte de la provincia de Corrientes. Los resultados expuestos son las interpretaciones preliminares realizadas después de un primer año de relevamientos fitosociológico de malezas en tres lotes de arroz localizados en proximidades de la localidad de Yahapé, (Corrientes).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizaron relevamientos de malezas en 3 lotes de cultivo de arroz de la zona norte de la provincia de Corrientes, localidad de Yahapé, Departamento de Berón de Astrada (27°24'48,0"S 57°38'41,5"O), durante los meses de abril y agosto de 2021. Los mismos, se llevaron a cabo estableciendo 6 puntos de muestreo de 4 m<sup>2</sup> proyectados sobre transectas paralelas a lo largo de cada lote, donde se estimaron valores fitosociológicos de presencia y abundancia/cobertura de cada maleza identificada utilizando la escala combinada de Braun-Blanquet (1979). En cada punto de muestreo se extrajo una muestra de suelo simple de 0 a 15 cm de profundidad con pala de punta de aproximadamente 1 kg. El procesamiento de las muestras y determinaciones de las distintas propiedades de suelo se realizaron de acuerdo a los siguientes protocolos:

### **Propiedades Físicas**

- Textura: Método de Bouyoucos. (Dewis y Freitas, 1970).
- Densidad aparente: extracción de muestras con cilindros de volumen conocido o por el método de la probeta (Forsythe, 1975).
- Humedad equivalente: Método de la Centrífuga. (Montenegro González et al., 1990).

### **Propiedades Físico-Químicas**

- pH: Potenciométricamente en relación 1:2,5 en agua. (Dewis y Freitas, 1970).
- Conductividad eléctrica (CE): relación 1:5. (Dewis y Freitas, 1970).

### **Propiedades Químicas**

- Carbono orgánico: por combustión seca o por Walkley & Black (Gasparoni, 2008).
- Nitrógeno total (NT): por combustión seca o por Kjeldhal (Nelson & Sommers, 1996).
- Fósforo disponible Método Bray-Kurtz I (Dewis & Freitas, 1970).
- Calcio y Magnesio intercambiables, determinación por complejometría con EDTA. (Dewis y Freitas, 1970).
- Potasio y Sodio intercambiables, determinación por fotometría de llama. (Dewis & Freitas, 1970).
- Acidez intercambiable (Dewis & Freitas, 1970).
- Capacidad de intercambio catiónico efectiva: (Dewis y Freitas, 1970).

Las asociaciones entre presencia y abundancia/cobertura de cada maleza con las propiedades del suelo, fueron interpretadas mediante análisis multivariante de componentes principales, y correlación de Pearson ( $P < 0,05$ ), utilizando el software estadístico Infostat (Di Rienzo et al. 2013).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los relevamientos efectuados en ambas fechas de muestreo se identificaron un total de 19 especies, de las cuales, 6 se consideraron malezas relevantes para el cultivo de arroz y fue analizada su distribución en base a los parámetros fitosociológicos registrados. Las restantes fueron consideradas especies que no presentan mayor interés que el ecológico.

Entre los resultados obtenidos del análisis estadístico se destacan las siguientes interacciones significativas ( $P < 0,05$ ):

La abundancia/cobertura de *Ludwigia bonariensis* asociada positivamente con el contenido de nitrógeno total ( $r = 0,52$ ) y el contenido de arcilla ( $r = 0,45$ ), y negativamente con la densidad aparente del suelo ( $r = -0,43$ ) y el contenido de arena ( $r = -0,42$ ). Lo cual se interpretaría como una afinidad de esta especie por suelos más pesados y fértiles.

La relación negativa entre la abundancia/cobertura de *Cyperus esculentus var. leptostachyus* con el contenido de materia orgánica y nitrógeno total ( $r = -0,48$  y  $r = -0,38$  respectivamente) y positiva con el contenido de arena ( $r = 0,37$ ) y la densidad aparente ( $r = 0,43$ ). Así mismo, la presencia de *Aeschynomene denticulata* se correlacionó positivamente con la densidad aparente ( $r = 0,54$ ), y negativamente con el porcentaje limo y el contenido de materia orgánica ( $r = -0,56$  y  $-0,60$  respectivamente) demostrando en contraste, predominio de estas dos últimas especies en suelos de textura gruesa y menos fértiles.

Por su parte, el análisis de componentes principales (Fig. 1), puso de manifiesto la dependencia de la presencia *Cyperus iria* y *C. esculentus* a mayores contenidos de arena y potasio intercambiable, en el eje de mayor variabilidad de los datos (CP 1, 67%). En el otro extremo del eje la presencia de *Coniza bonariensis* estuvo asociada a un gradiente creciente de contenido arcilla y nitrógeno del suelo.

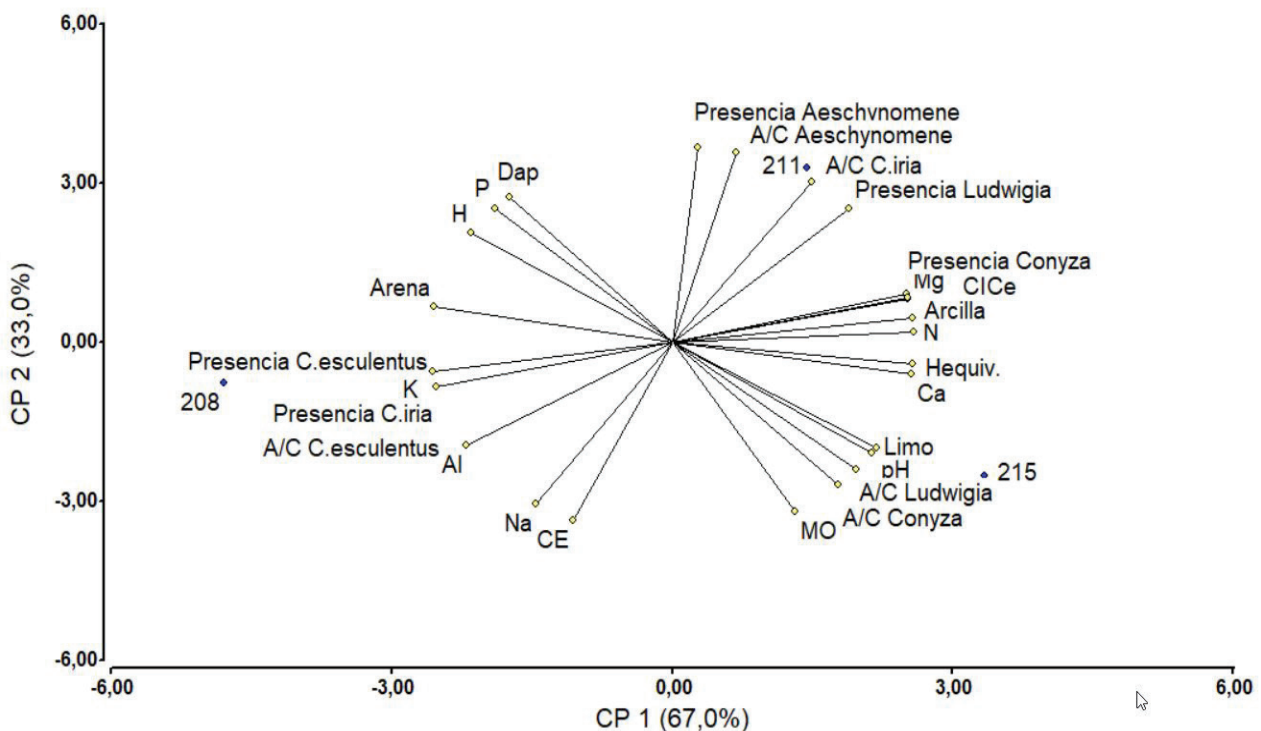


Figura 1 Biplot Análisis de componentes principales.





## CONCLUSIONES

Si bien los resultados expuestos se tratan de interpretaciones preliminares circunscriptas a una región en cuestión, brindan nociones de interés que describen como se distribuyen las poblaciones de malezas en el cultivo de arroz, y como estas se ven favorecidas y en algunos casos limitadas por las condiciones edáficas existentes, lo cual amerita continuar con las investigaciones y las evaluaciones interdisciplinarias, para posteriori efectuar un estudio más amplio y abarcativo.

## BIBLIOGRAFÍA

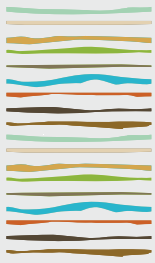
- Braun-Blanquet, J. 1979. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. *Fitosociología* (1):819 pp.
- Dewis, J. & F. Freitas. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. *Boletín sobre suelos*. FAO Roma (10): 36-57.
- Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada & C.W. Robledo. 2013. *InfoStat versión 2013*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Forsythe, W. 1975. *Física de Suelos*. IICA San José Costa Rica: 212 pp.
- Gasparoni, J. C. 2008. Determinación de la materia orgánica del suelo. En: Galantini, J. A. Ed. *Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina*. Editorial UNS Bahía Blanca. Argentina (1): 41- 50.
- Gaston, L.A.; M.A. Locke; R.M. Zablotowicz & K.N. Reddy. 2001. Spatial variability of soil properties and weed populations in the Mississippi Delta. *Soil Science Society of America Journal*, 65(2): 449-459.
- Karlen, D.L.; M.J. Mausbach; J.W. Doran; R.G. Cline; R.F. Harris; & G.E. Schuman. 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 4-10.
- Lousada, L. L.; S.P. Freitas; C.R. Marciano; B.S. Esteves; R.A. Muniz & D.P. Siqueira. 2013. Correlation of soil properties with weed occurrence in sugarcane areas. *Planta Daninha* 31(4): 765-775.
- Montenegro Gonzales, H.D. 1990. *Propiedades Físicas de los Suelos*. Subdirección Agrológica. IGC. Bogotá. Colombia. 813 pp.
- Nelson, D.W. & L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: BIGHAM, J. M. (ed). *Methods of soil analysis, Part. 3. Chemical Methods*. ASA & SSSA J., Madison, WI: 961-493.
- Sánchez P.A., C.A. Palm & S.W. Buol. 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. In: Sposito, G & A Zabel (eds). *The assessment of soil quality*. *International Journal of Soil Science* 114: 157-186.
- Sánchez-Marañón, M.; M. Oriano; G. Delgado & R. Delgado. 2002. Soil quality in mediterranean mountain environments: effects of land use change. *Soil Sci Soc. Am. J.* 66: 948-958.
- Walter, A.M.; S. Christensen & S.E. Simmelsgaard. 2002. Spatial correlation between weed species densities and soil properties. *Weed Research*, 42(1): 26-38.
- Zornoza, R.; J.Á. Acosta; F. Bastida; S.G. Domínguez; D.M. Toledo & A. Faz. 2015. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. *SOIL*: 1, 173-185, 2015. [www.soil-journal.net/1/173/2015/doi:10.5194/soil-1-173-2015](http://www.soil-journal.net/1/173/2015/doi:10.5194/soil-1-173-2015)





## **Contaminación del Suelo y Calidad del Medio Ambiente**





## MAGNETISMO AMBIENTAL APLICADO AL ESTUDIO DE SUELOS AFECTADOS POR EROSIÓN EÓLICA, PROVINCIA DE LA PAMPA

Alba, B.<sup>1</sup>, M.A.E. Chaparro<sup>1</sup>, A.A. Bartel<sup>2</sup>, S.B. Aymar<sup>2</sup>, H.N. Böhnel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA), Pinto 399, (7000) Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina. [Albabrenda2210@gmail.com](mailto:Albabrenda2210@gmail.com).

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, Argentina.

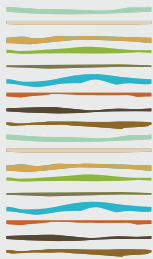
<sup>3</sup> Centro de Geociencias - UNAM, Boulevard Juriquilla No. 3001, 76230 Querétaro, México

### RESUMEN

Los suelos de regiones áridas y semiáridas son más erodables debido a sus características morfológicas de poco desarrollo, textura generalmente gruesa y débil estructura. El monitoreo de propiedades de suelos no erosionados en comparación con aquellos afectados por erosión acelerada por acción antrópica, constituye la base para la aplicación de métodos de estimación de erosión. El objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades magnéticas de suelos y su vinculación con el proceso de erosión eólica, como método de uso para estudios de erosión. Se presentan y discuten resultados de análisis y caracterización magnética de muestras de colectores de partículas (utilizados para cuantificar la erosión eólica) en dos sitios representativos de la región semiárida Pampeana Central (RSPC): Santa Rosa (S1: Haplustol Éntico) y Anguil (S2: Ustipsamment Típico), provincia de La Pampa. Las muestras fueron obtenidas durante el año 1995 con colectores eólicos tipo BSNE con bandejas a tres alturas distintas, que se distribuyeron uniformemente en dos parcelas de 1 ha. Se analizaron muestras de once tormentas en ambos sitios. Las propiedades magnéticas se determinaron mediante técnicas de susceptibilidad magnética específica ( $\chi$  y  $\chi_{FD}$  %), magnetización remanente anhística (MRA,  $\chi_{MRA}$  y  $\chi_{MRA}/\chi$ ) e isotérmica (MRI, MRIS, S-ratio y  $H_{CR}$ ), y estudios termomagnéticos (curvas M[T]). En muestras seleccionadas, se realizaron complementariamente observaciones SEM-EDS. Los valores de  $\chi$  variaron entre  $166,6 - 554 \times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  en los colectores del S1 y entre  $191,6 - 368,7 \times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  para los del S2. Se determinaron, además, los parámetros magnéticos de referencia en muestras de suelo (0–2 cm) sin erosionar. Todos los valores de  $\chi$  se encontraron por encima del valor de referencia en S2 ( $\chi_{Ref2} = 146,0 \times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ). En S1 el comportamiento fue inverso ( $\chi_{Ref1} = 345,9 \times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ), a excepción de un evento que superó en todos los casos el  $\chi_{Ref1}$ . Respecto al resto de los parámetros magnéticos, el comportamiento fue similar en ambos sitios: el parámetro MIRS/ $\chi$  y la coercitividad de remanencia  $H_{CR}$  se encontraron por encima de los valores de referencia, los valores de MRA/MRIS por debajo y los de  $\chi_{MRA}/\chi$  oscilaron en ambos sitios alrededor de los valores de referencia. Las curvas M[T] revelaron la presencia de fases magnéticamente blandas ((titano-)magnetita con  $T_c \approx 580^\circ\text{C}$ ) y en forma adicional una fase de alta coercitividad. El análisis en conjunto con las observaciones SEM, confirma la presencia de fases ferrimagnéticas del tipo titano-magnetita. En general, no se observaron variaciones según la altura de recolección. Sin embargo, se destacó el comportamiento de  $\chi$  en cuanto a sus variaciones temporales (entre tormentas) en ambos sitios. Se realizó un análisis bivariado entre parámetros magnéticos, cantidad de material erosionado y características de las tormentas (velocidad del viento y duración). En S1, se observó una correlación positiva y significativa entre la erosión eólica total (kg de material/ha/tormenta) y la susceptibilidad magnética promedio ( $R = 0,756$ ;  $p < 0,01$ ). Aunque preliminares, los resultados constituyen un primer antecedente en la RSPC, de aplicación de propiedades magnéticas al estudio de suelos afectados por erosión eólica en el que se demuestra la utilidad de la técnica.

**Palabras clave:** suelos erosionados; propiedades magnéticas; RSPC.





## ISOTERMAS DE SORCIÓN PARA FÁRMACOS COVID EN SUELOS DEL VALLE DEL MEZQUITAL REGADOS CON A.R.

Alvarez Olivares, M.<sup>1</sup> B.L. Prado Pano <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México; [meruse.a.o@gmail.com](mailto:meruse.a.o@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. [bprado@geologia.unam.mx](mailto:bprado@geologia.unam.mx)

### RESUMEN

En las últimas décadas ha surgido un interés creciente en el estudio de contaminantes emergentes, debido a los posibles daños que implican a los ecosistemas aunado a efectos adversos que puedan desarrollar hacia la salud humana. En este trabajo de investigación, los fármacos de caso de estudio son la azitromicina, ivermectina y dexametasona debido al consumo durante la contingencia sanitaria a consecuencia del virus SARS-COV2, ya que estos no cuentan con estudios a profundidad sobre su retención y persistencia en los ecosistemas. Para este caso en particular, se buscó conocer la retención en suelos de los tres fármacos mencionados contra el COVID que son transportados diariamente vía Agua Residual (A.R.) desde la zona metropolitana del Valle de México hasta la zona del Valle del Mezquital (VM) en el Estado de Hidalgo aproximadamente a cien kilómetros hacia el norte de la gran Metrópoli Ciudad de México (CDMX), donde las Aguas Residuales se utilizan como agua de riego para diversos cultivos. El Agua Residual que llega a los diferentes distritos de riego del Valle del Mezquital puede provenir de una fuente sin tratamiento (denominada Agua Cruda) donde se han encontrado concentraciones de fármacos en el orden de ng/L, o de un efluente proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R.) de Atotonilco de Tula en el estado de Hidalgo, donde se ha observado también la persistencia de estos fármacos Post-Tratamiento. Dada dicha problemática de los fármacos, se elaboró una metodología para la parte experimental en condiciones estáticas (experimentos en lote o isotermas de sorción) con la finalidad de calcular las tasas de retención de los diferentes fármacos en el suelo. El diseño y montaje experimental se realizó con cinco diferentes concentraciones: 5 mg/L, 3.95 mg/L, 2.9 mg/L, 1.85 mg/L y 0.8 mg/L (debido a que experimentos previos mostraron una sorción total para concentraciones menores a 1000 ng/L). Este experimento se llevó a cabo usando un suelo proveniente del Distrito de Riego 003 del Valle del Mezquital con muestras provenientes de dos profundidades de suelo, 0-10 cm y 20-30 cm. Los disolventes utilizados fueron Agua Cruda (proveniente del influente de la P.T.A.R. de Atotonilco) y Agua Tratada. Las condiciones de experimentación fueron: tasa suelo solución 1:5, considerando un volumen final de 60 mL y un tiempo de agitación de 24 horas. En el análisis, se midieron las concentraciones de los fármacos en los sobrenadantes y con esto se trazó la isoterma de cada fármaco en unidades de  $\text{concentración adsorbida} = (\text{mg fármaco}) / (\text{kg de suelo})$  vs  $\text{concentración al equilibrio} = (\text{mg fármaco}) / \text{L}$ . Los resultados demostraron la existencia de retención en suelos para todos los fármacos en todas las concentraciones (5 mg/L, 3.95 mg/L, 2.9 mg/L, 1.85 mg/L y 0.8 mg/L). Tres regresiones fueron realizadas para cada isoterma (lineal simple, linealización por Langmuir y linealización por Freundlich) a fin de conocer el mejor ajuste y con ello, determinar los mecanismos de sorción dominantes.

Finalmente, con el análisis anterior, se obtuvieron los valores  $K_d$  de cada fármaco, cumpliéndose así los objetivos originales.

**Palabras clave:** azitromicina, ivermectina, dexametasona,



# SORPTION ISOTHERMS FOR COVID PHARMACEUTICALS IN WASTEWATER-IRRIGATED MEZQUITAL VALLEY SOILS

## ABSTRACT

In recent decades, there has been a growing interest in the study of emerging pollutants, due to the possible damage to ecosystems, coupled with the adverse effects that they may develop towards human health.

In this research work, the study case pharmaceuticals are azithromycin, ivermectin and dexamethasone, due to their consumption during the health contingency product of the SARS-COV2, and since these pharmaceuticals do not have in-depth studies on their retention and environmental persistence.

For this case, we aim to know the retention rates in soils of the forementioned three pharmaceuticals, that are daily transported via wastewater from the metropolitan area of the Valley of Mexico to the Mezquital Valley (Hidalgo state, approximately one hundred kilometers north of Mexico City) where wastewater is used as irrigation water for crops.

The wastewater that reaches the different irrigation districts of the Mezquital Valley can come from an untreated source (so called Raw Water) where concentrations have been found in the order of ng/L, or from an effluent from the Wastewater Treatment Plant of "Atotonilco de Tula" (also state of Hidalgo), where the persistence of these post-Treatment pharmaceuticals has also been observed.

Given this problem, a methodology was developed for the experimental part under static conditions (batch experiments or sorption isotherms) to calculate the retention rates of the different pharmaceuticals in soil. The experimental design and setup were carried out with five different concentrations: 5 mg/L, 3.95 mg/L, 2.9 mg/L, 1.85 mg/L and 0.8 mg/L (as previous experiments showed total sorption for concentrations lower than 1000ng/L). This experiment was carried out using soil samples from Mezquital Valley at two soil depths, 0-10 cm, and 20-30 cm. The solvents used were Raw Water (from the influent of the Atotonilco Plant) and Treated Water.

The experimental conditions were, soil-solution ratio of 1:5, with a final volume of 60 mL and an agitation time of 24 hours. In the analysis, the concentrations of the pharmaceuticals in the supernatants were measured and, with this data, each isotherm was plotted in units of adsorbed concentration= (mg pharmaceutical)/(kg of soil) vs equilibrium concentration=(mg pharmaceutical)/ L.

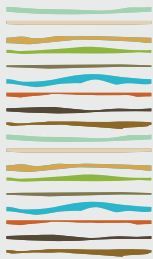
The results demonstrated the existence of retention in soils for all pharmaceuticals in all concentrations (5 mg/L, 3.95 mg/L, 2.9 mg/L, 1.85 mg/L and 0.8 mg/L).

Three regressions were performed for each isotherm (simple linear, Langmuir linearization, and Freundlich linearization) to determine the best fit and thereby determine the dominant sorption mechanisms.

Finally, with the previous analysis, the  $K_d$  values of each pharmaceutical were obtained, thus fulfilling the original objectives.

**Keywords:** azithromycin, ivermectin, dexamethasone, raw water, treated water, Mezquital Valley, sorption isotherm.





## DEPURACIÓN DE RESIDUO DE FEEDLOT EN SISTEMAS SUELO-CULTIVOS DEL PERIURBANO DE RÍO CUARTO

Amín, M.S.<sup>1,2\*</sup>, M.A. Becerra<sup>1,2,3</sup>, Y. Chilano<sup>1,2</sup>, A. Degioanni<sup>1,2</sup>, N. Lucio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía y Veterinaria - Universidad Nacional de Río Cuarto;

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Sociales, Territoriales y Educativas - ISTE (UNRC-CONICET);

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNC;

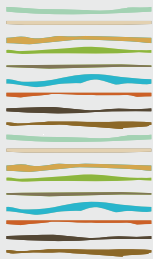
\* Ruta Nacional 36, km 601, samin@ayv.unrc.edu.ar.

### RESUMEN

El cinturón verde hortícola del periurbano de la ciudad de Río Cuarto (Córdoba) se enfrenta a conflictos generados por el corrimiento de la frontera urbana y la aplicación de productos químicos en los cultivos. En el sector se generan residuos de origen animal (purines, estiércoles, entre otros) que contienen P y N, dos macronutrientes esenciales para los cultivos, pero también potenciales contaminantes ambientales. La utilización de estos residuos como enmienda orgánica requiere de herramientas de gestión que permitan ajustar las dosis de aplicación garantizando la depuración de los elementos contaminantes. Con el objetivo de determinar la respuesta en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) a la aplicación de diferentes dosis de residuo estabilizado de feedlot y los efectos en propiedades biológicas, químicas y físico-químicas del suelo, se realizó un estudio experimental en la Universidad Nacional de Río Cuarto. El experimento consistió en un ensayo bajo invernadero, con suelo de textura franca arenosa, donde en parcelas de 2,4 m<sup>2</sup> se aplicaron dosis equivalentes a 0, 25 y 50 tn ha<sup>-1</sup> de residuo de feedlot, correspondiendo respectivamente a los tratamientos testigo (T), dosis uno (D1) y dosis dos (D2), con tres repeticiones, en un diseño completo al azar. El cálculo de dosis se hizo en función del contenido de N del residuo (0,8%) y los requerimientos del cultivo. Un día después de la aplicación se trasplantaron plantines de lechuga de la variedad crespa Isabela (Sakata Seeds) a una distancia entre plantas de 0,20 m, y se cosechó 43 días después del trasplante. Los resultados mostraron respuesta positiva del rendimiento del cultivo, diferenciándose estadísticamente el tratamiento D2, con un 20,5% de aumento con respecto a T en el peso fresco medio de las plantas, que fueron de 103,33 g en T, 94,85 g en D1 y 124,45 g en D2, sin encontrarse diferencias significativas en el contenido de N en hojas. En el suelo los tratamientos D1 y D2 se diferenciaron de T en la actividad biológica global (estimada por la determinación de respiración basal) y en el contenido de MOS (T=2,44%, D1= 3,95% y D2= 4,06%). Por otro lado, no se produjeron cambios en los valores de pH, CE y contenido de N- NO<sub>3</sub> medidos a 0 a 20 cm de profundidad y de 100 a 120 cm después de simular una precipitación de 200 mm. Este resultado comprueba que la aplicación no aumentó la lixiviación de N. Se concluye que el contenido de N de residuo de feedlot generado en cercanías del cinturón verde de Río Cuarto puede depurarse si se utiliza como enmienda en la producción de hortalizas, disminuyendo los requerimientos de insumos industriales, aumentando la vida en el suelo, propendiendo a sistemas de producción más sustentables. Es necesario continuar con muestreos de suelo y agua en zonas del periurbano donde se aplican estas enmiendas para monitorear los riesgos de contaminación con N y P y profundizar en el estudio del efecto de la aplicación de residuos pecuarios sobre los cultivos debido a cambios en la actividad biológica.

**Palabras clave:** nitrógeno, lechuga, cinturón verde





## USO DE ENERGÍA DE LA AGRICULTURA CONVENCIONAL Y ORGÁNICA: UN META-ANÁLISIS

Aradvari Horvat, S.M.<sup>1\*</sup>, J.L. De Paepe<sup>1,2</sup>, R. Álvarez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup>CONICET;

\*Av. San Martín 4453 (CP1417), Buenos Aires, Argentina, saradvari@agro.uba.ar

### RESUMEN

La agricultura convencional y la agricultura orgánica son dos producciones contrastantes. Comparar su proceso productivo en términos del uso de energía es necesario para lograr alternativas más sustentables a la producción actual. Existen algunas comparaciones, pero no distinguen en fuentes no renovables y renovables de energía por lo que no son buenos indicadores de la sustentabilidad productiva. El objetivo de este trabajo fue comparar a nivel global el uso de energía de la agricultura convencional y orgánica mediante un meta-análisis discriminando en fuentes de energía no renovable y renovable en sitios con distintas texturas de suelo y distintos manejos. Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica respaldada por métodos estadísticos llamada meta-análisis a través de una búsqueda bibliográfica exhaustiva. La mayoría de los datos pertenecieron a países del Hemisferio Norte. El uso de energía total por unidad de área en promedio fue 40% mayor en la agricultura orgánica respecto a la convencional ( $p = 0,008$ ). No hubo diferencias significativas entre tipos de producción para cultivos de secano ( $p = 0,11$ ) ni en suelos de texturas más finas ( $p = 0,97$ ). Las producciones orgánicas bajo riego ( $p < 0,0001$ ) y en suelos de texturas más gruesas ( $p < 0,0001$ ) usaron más energía total que las convencionales debido al agregado de grandes cantidades de compost. Sin embargo, el uso de energía no renovable fue un 35% menor y el uso de energía renovable 3.5 veces mayor en la agricultura orgánica respecto a la convencional ( $p < 0,0001$ ). La utilización de energía no renovable implica una inyección de CO<sub>2</sub> fósil al agroecosistema y genera un aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico pero los insumos orgánicos provienen de CO<sub>2</sub> que ya se encuentra en el ciclo activo. Este trabajo contribuye a seleccionar prácticas agrícolas que ayuden reducir el uso de energía no renovable y combatir el cambio climático.

**Palabras clave:** energía no renovable, energía renovable, textura del suelo.

### INTRODUCCION

La agricultura convencional depende de insumos sintéticos externos que requieren gran consumo de energía no renovable para su producción y aplicación en lotes agrícolas (Pimentel, 2005). La agricultura orgánica se presenta como una alternativa más sustentable, ya que no permite el uso de insumos sintéticos (Altieri, 1992), se aplica compost para agregar nutrientes al suelo o cultivos de cobertura para fijar N (Alonso y Guzmán, 2010).

Analizar el uso de energía por superficie o por producto cosechado permite comparar la sustentabilidad de producciones agrícolas contrastantes (Clark et al., 2017) y separar en fuentes de energía no renovable o renovable (Alonso y Guzmán, 2010) (**Figura 1**). El uso de energía no renovable implica una inyección de CO<sub>2</sub> fósil al agroecosistema que se encontraba aislado del ciclo activo del carbono desde hace millones de años y resulta en un aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico (Janzen, 2004). La energía renovable, como compost, utiliza carbono que ya se encuentra circulando en la atmósfera. Para analizar el uso de energía, se



rastrear los flujos físicos de insumos utilizados y se los convierte en energía mediante coeficientes energéticos específicos (Jones, 1989).

El meta-análisis permite comparar globalmente ambas producciones, obtener resultados robustos y comprende una revisión sistemática de la literatura científica publicada respaldada por métodos estadísticos (Arnqvist and Wooster, 1995). No existen antecedentes que comparen globalmente el uso de energía de la agricultura convencional y la agricultura orgánica distinguiendo en fuentes no renovables y renovables. Al comparar estudios publicados en distintas partes del mundo, la escala de análisis es global por lo que se incluyen gradientes edáficos y una variedad de manejos que comprenden un set de datos interesante para relacionarlos con flujos energéticos. El objetivo de este trabajo fue comparar a nivel global el uso de energía de la agricultura convencional y orgánica mediante un meta-análisis discriminando en fuentes de energía no renovable y renovable en sitios con distintas texturas de suelo y distintos manejos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Meta-análisis

#### Selección de publicaciones científicas y armado de base de datos

El uso de energía representa toda la energía utilizada en la producción, empaquetado y transporte de todos los insumos y maquinarias utilizados en el proceso productivo, más la energía utilizada dentro del lote de producción a través del consumo de combustible (Alonso y Guzmán, 2010). Esta energía es el resultado del producto entre las cantidades de insumos utilizadas y sus coeficientes energéticos específicos que permiten transformarlos a unidades de energía (Jones, 1989). Existen coeficientes energéticos para los productos de síntesis industrial y para productos como compost, estiércol, labor humana, etc. Por lo tanto, el uso de energía puede dividirse en energía no renovable, que comprende el combustible, fertilizantes sintéticos, agroquímicos, maquinarias y otros productos de origen sintéticos; y energía renovable, que comprende insumos como compost, estiércol, rastrojos de cultivos, semillas para cultivos de cobertura, labor humana, entre otros (Alonso y Guzmán, 2010) (Figura 1).

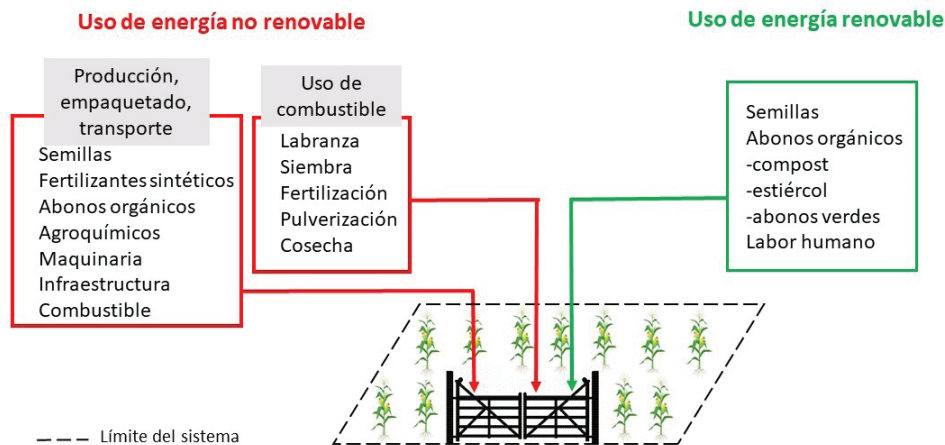


Figura 1. Representación esquemática del uso de energía no renovable (rojo) y renovable (verde) en un lote agrícola. La tranquera simboliza el espacio por donde "entran" todos los flujos de energía y son usados en el lote de producción de un cultivo.

Para generar la base de datos se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en las bases de datos internacionales Scopus y Google Scholar de trabajos que comparen la agricultura convencional con la agricultura orgánica en términos de uso de energía mediante el uso palabras clave. De todos los trabajos encontrados, se seleccionaron aquellos que cumplieran con los siguientes criterios: que sean trabajos revisados por pares, que el análisis incluya desde la producción de los insumos hasta que el producto se encuentra listo para salir de la tranquera; que el trabajo presente el número de repeticiones explícitas y que presente una medida de la variabilidad de los datos (Alonso y Guzmán, 2010).



Resumidamente, la información recopilada de cada estudio fue la siguiente: autores; coordenadas geográficas de la ubicación del estudio; fuente de energía que se incluye en el estudio (no renovable, renovable o energía total que se refiere a trabajos donde no se discriminó por tipo de fuente de energía); tipo de cultivo como cultivos anuales (leguminosas, cereales, hortalizas), cultivos perennes (cítricos, viñedos, olivares, etc.); tipo de manejo como la modalidad de riego (cultivos bajo riego o de secano); número de réplicas del trabajo para la agricultura convencional y orgánica y desvío estándar; valor de uso de energía de la agricultura convencional y de la orgánica por unidad de área ( $\text{GJ ha}^{-1}$ ) y por unidad de producto cosechado ( $\text{GJ kg}^{-1}$ ). Se utilizó la base de datos SoilGrids250m versión 2.0 (Poggio et al., 2021) para obtener los datos de textura del suelo ( $\text{g/kg}$ ) de 0-20 cm de profundidad mediante las coordenadas geográficas obtenidas de cada estudio.

#### Análisis estadístico

Se realizó un meta-análisis para la comparación de la producción agrícola convencional y orgánica a nivel global. El meta-análisis es una herramienta estadística que se utiliza cuando se requiere sintetizar los resultados de numerosas publicaciones científicas sobre un tema en particular. Es un conjunto específico de métodos cuantitativos estadísticos que están diseñados para comparar y sintetizar resultados de múltiples estudios ponderando por número de repeticiones o por la variabilidad (Arnqvist and Wooster, 1995).

La producción convencional fue tomada como grupo control y la producción orgánica como tratamiento. Los datos de uso de energía se transformaron a una unidad común denominada *tamaño del efecto*. Hay muchas medidas que pueden utilizarse como tamaño del efecto para variables cuantitativas (Viechtbauer, 2010). Una de las más utilizadas es la llamada ROM (log transformed ratio of means por sus siglas en inglés) (Ecuación 1).

$$ROM = \ln \frac{\bar{x}_t}{\bar{x}_c} \quad \text{Ecuación 1.}$$

donde  $\bar{x}_t$  es el valor de uso de energía ( $\text{GJ ha}^{-1}$ ) para la agricultura orgánica (tratamiento),  $\bar{x}_c$  es el valor de uso de energía ( $\text{GJ ha}^{-1}$ ) para la agricultura convencional (control),  $\ln$  es el logaritmo natural. Al utilizarse el logaritmo, se genera que la medida de resultado sea simétrica alrededor de 0 y produce una distribución más cercana a la normalidad (Viechtbauer, 2010), necesaria para el meta-análisis.

Se utilizó el programa R 4.1.0 y RStudio (R Development Core Team, 2010) para llevar a cabo el meta-análisis. Para calcular el ROM y la varianza muestral para cada estudio se utilizó la función *escalc* del paquete metafor y la función *rma* para realizar el meta-análisis propiamente dicho. Mediante la función *transf*, se transformaron los valores de ROM (logaritmo) a exponencial (**Response ratio= RR**) para facilitar la interpretación de los resultados (Viechtbauer, 2010). Valores de RR mayores a 1 indican un mayor uso de energía de la agricultura orgánica respecto de la agricultura convencional y menores a 1 indican lo contrario. Se analizó la heterogeneidad entre los RR de cada base de datos mediante el Q test. Cuando la heterogeneidad total fue significativa ( $\alpha = 0,05$ ), se realizó un test de moderadores para poder separar y agrupar los datos dentro de la base de datos de uso de energía total, de uso de energía no renovable y la renovable (Viechtbauer, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSION

De los más de 1000 trabajos encontrados, tan sólo 20 cumplieron con los requisitos para ser incluidos en el meta-análisis por unidad de área y 8 por unidad de producto cosechado. En su mayoría, pertenecieron al Hemisferio Norte, principalmente a Europa (**Figura 2**). Solo dos trabajos compararon el uso de energía por unidad de área en el Hemisferio Sur, con lo cual, los resultados corresponden principalmente a producciones de países industrializados. En el 45% de los trabajos se analizó el uso de energía de cultivos anuales como cereales, leguminosas y algunas hortalizas; el 34% de cultivos perennes, principalmente olivares, cítricos y frutos secos y el 20% restante analizó cultivos perennes bajo riego. El 42% de los datos presentó suelos con texturas más finas (menos de 400 de arcilla/kg) y el resto presentó texturas más gruesas.



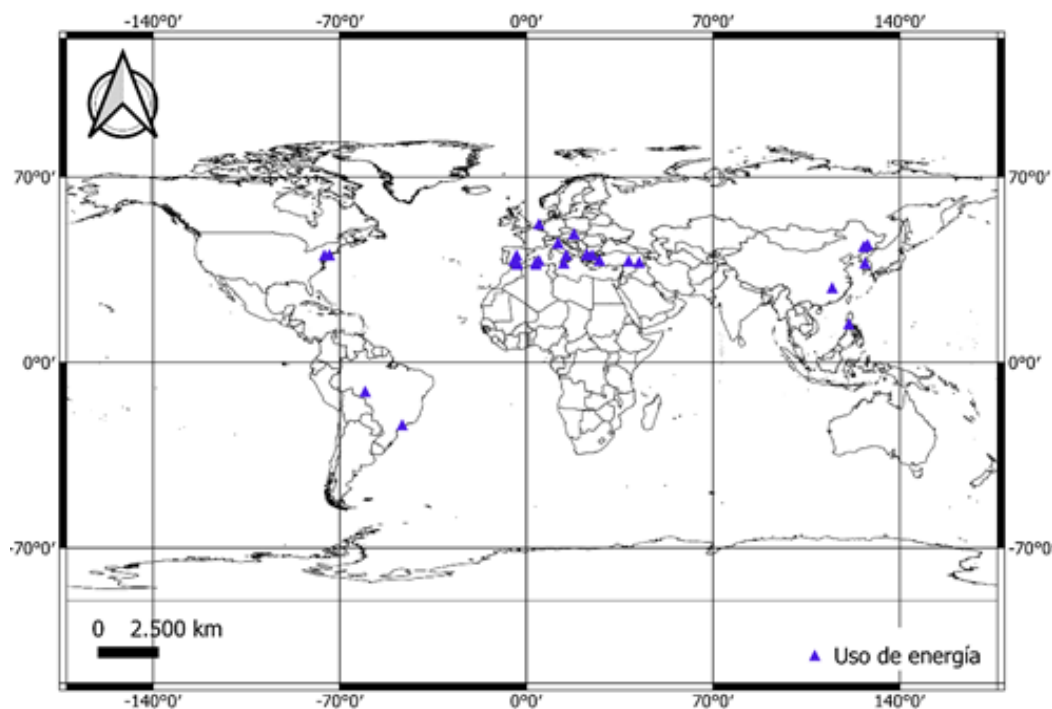
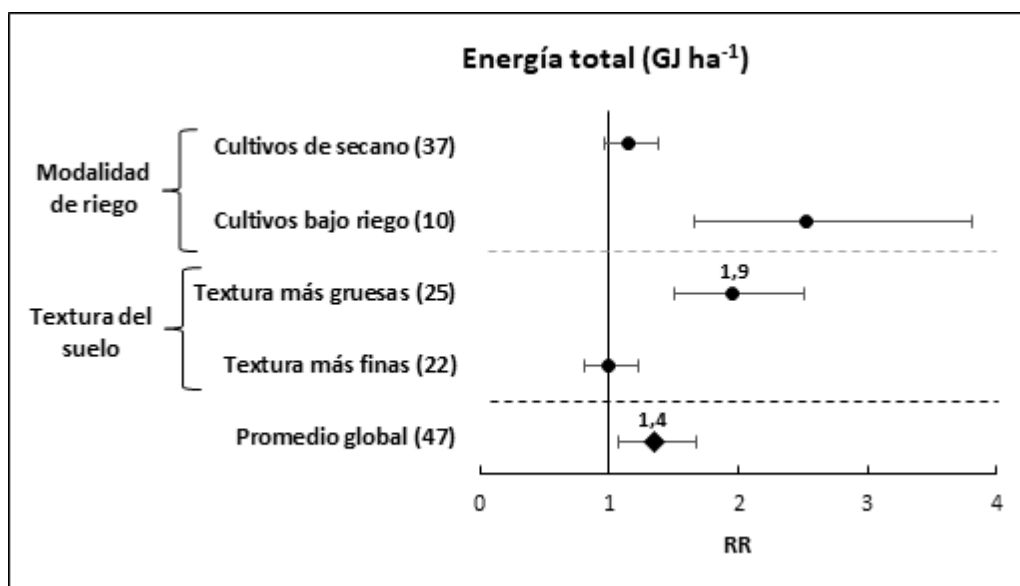


Figura 2. Ubicación geográfica de los estudios encontrados para realizar el meta-análisis.

El uso de energía total por unidad de área fue 40% mayor en la agricultura orgánica respecto a la agricultura convencional ( $p=0,008$ ) (**Figura 3.A**). El uso de energía total fue la única categoría cuya heterogeneidad pudo ser diferenciada por moderadores (modalidad de riego y textura de suelo). Los cultivos de secano de producciones convencionales y orgánicas no presentaron diferencias significativas en el uso de energía total ( $p=0,11$ ) (**Figura 3.A**). Sin embargo, los cultivos bajo riego en producciones orgánicas usaron 2,5 veces más energía total que las producciones bajo riego convencionales ( $p<0,0001$ ). El mayor uso de energía de la agricultura orgánica se debe, principalmente, a la aplicación de compost en grandes cantidades en dichos cultivos que corresponden a cultivos perennes en Europa (Alonso y Guzmán, 2010). En suelos de texturas más gruesas, también el agregado de abonos orgánicos genera un mayor uso de energía total en las producciones orgánicas respecto a las convencionales ( $p<0,0001$ ). En cambio, en los sitios con suelos de texturas más finas, la diferencia entre ambas producciones no fue significativa ( $p=0,97$ ).



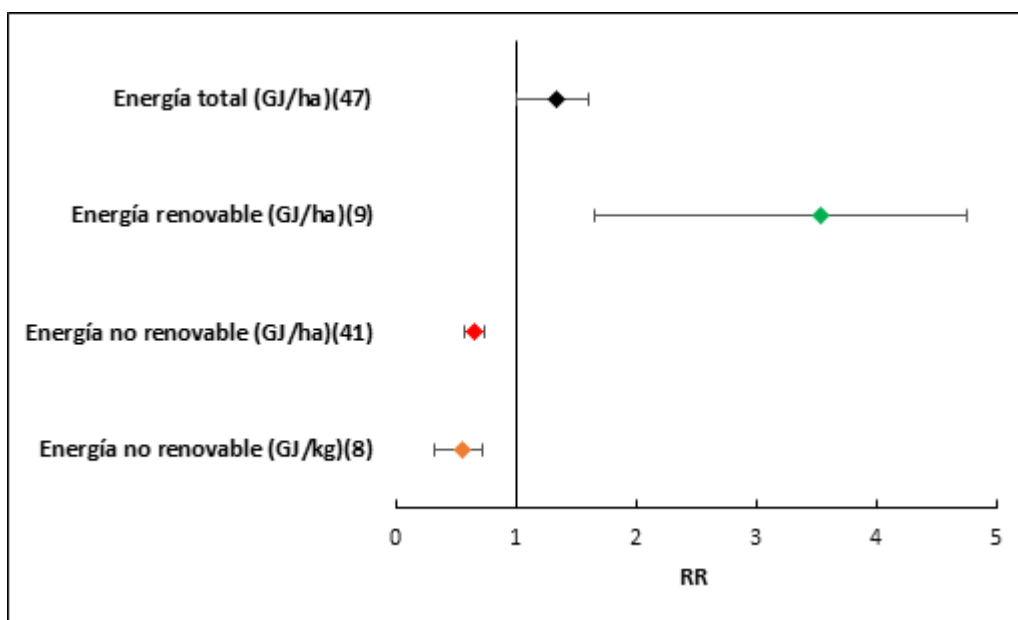


Figura 3. Meta-análisis del efecto de la agricultura orgánica con respecto a la agricultura convencional sobre el uso de A. energía total (RR= agricultura orgánica/agricultura convencional) por unidad de área. Se muestran los valores medios de RR para cada categoría (círculos negros) y para el valor promedio (diamante) y B. energía total (negro), energía renovable (verde) y energía no renovable por unidad de área (rojo); y energía no renovable por unidad de producto cosechado (GJ/kg) (naranja). Líneas horizontales representan los intervalos de confianza del 95% y valores entre paréntesis representan el n.

Sin embargo, para evaluar la sustentabilidad productiva es necesario comparar el uso de energía de ambas producciones desglosando en fuentes no renovables y renovables. El uso de energía no renovable fue un 35% menor en la agricultura orgánica respecto a la agricultura convencional ( $p < 0,0001$ ) (Figura 3.B.). Además, el uso de energía renovable fue 3.5 veces mayor en la agricultura orgánica respecto a la convencional ( $p < 0,0001$ ). La utilización de energía proveniente de fuentes fósiles no renovables implica una inyección de  $\text{CO}_2$  que genera un creciente aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera con respecto a los valores naturales (Moreira Muzio, 2019). En cambio, los insumos orgánicos provienen de  $\text{CO}_2$  que ya se encuentra en el ciclo activo circulando en la atmósfera. Por lo tanto, comparar fuentes no renovables junto con renovables podría sobreestimar los valores de los insumos orgánicos (Zhang et al., 2015). Además, es necesario realizar el análisis por unidad de área y de producto cosechado ya que los resultados presentados por unidad de producto suelen revertirse debido a los rendimientos más bajos en producciones orgánicas (Álvarez, 2021). Sólo se encontraron datos de uso de energía no renovable por unidad de producto. A pesar de que los rendimientos de la agricultura orgánicas suelen ser hasta un 35% menores con respecto a la agricultura convencional (Seufert et al., 2012), el uso de energía no renovable por unidad de producto cosechado fue un 50% mayor en la agricultura convencional ( $p = 0,0014$ ).

## CONCLUSIONES

Al comparar producciones contrastantes se pueden encontrar alternativas más sustentables a las producciones agrícolas actuales, reducir las emisiones de GEI a la atmósfera y en última instancia a combatir el cambio climático.

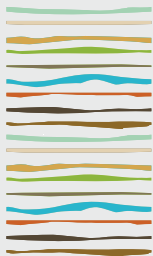
## BIBLIOGRAFIA

- Alonso, AM & GJ Guzmán. 2010. Comparison of the efficiency and use of energy in organic and conventional farming in Spanish agricultural systems. *J. Sustain. Agric.* 34:312-338.
- Alvarez, R. 2021. Organic farming does not increase soil organic carbon compared to conventional farming if there is no carbon transfer from other agroecosystems. A meta-analysis. *Soil Research*.
- Arnqvist, G; D Wooster. 1995. Meta-analysis: synthesizing research findings in ecology and evolution. *Trends Ecol. Evol* 10:236–240.
- Clark, M & D Tilman. 2017. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environ. Res. Lett.* 12: 064016.
- Janzen, HH. 2004. Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104:399-417.
- Jones, MR. 1989. Analysis of the use of energy in agriculture—approaches and problems. *Agric Syst* 29:339-355.



- Moreira Muzio, M. 2019. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Argentina-2019 / Macarena Moreira Muzio; Fabián Gaioli; Sebastián Galbusera. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019.
- Pimentel, D; P Hepperly; J Hanson; R Seidel & D Douds. 2005. Organic and conventional farming systems: Environmental and economic issues.
- Poggio, L; LM de Sousa; NH Batjes; GBM Heuvelink; B Kempen; E Ribeiro & D Rossiter. 2021. SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *Soil* 7:217–240.
- Seufert, V; N Ramankutty; & JA Foley. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485:229-232.
- Viechtbauer, W. 2010. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *J. Stat. Softw* 36:1-48.
- Zhang, LW; T Feike; J Holst; C Hoffmann & R Doluschitz. 2015. Comparison of energy consumption and economic performance of organic and conventional soybean production—A case study from Jilin Province, China. *J. Integr. Agric.* 14:1561-1572.





## EVALUACIÓN DE NIVELES DE METALES POR INDICES EN UN BARRIO DEL SUR DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES

Bargiela M., N.M. Durán, G. Fernández, A.F. de Iorio

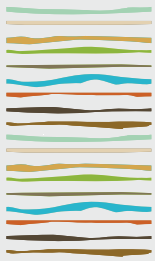
Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Cátedra de Química Inorgánica y Analítica. Av. San Martín 4453. Buenos Aires. [bargiela@agro.uba.ar](mailto:bargiela@agro.uba.ar)

### RESUMEN

Los suelos urbanos son un componente importante del ecosistema urbano, íntimamente ligado a otros sistemas como el agua superficial y subsuperficial, y la atmósfera. Por ello ocupan una posición de importancia, dado que no solamente se convierten en sumidero de elementos contaminantes, sino también en fuente de ellos. La presencia de elementos potencialmente contaminantes en un suelo puede acreditar su origen tanto en fuentes naturales como antrópicas, por lo que resulta de interés evaluar si existe un enriquecimiento con metales pesados y cuál es el grado de contaminación de ese suelo. Existen una serie de técnicas de normalización geoquímica para evaluar la contaminación de los suelos por metales pesados y el nivel de enriquecimiento. Los índices monoelementales presentan limitaciones de uso, principalmente porque sólo se los puede aplicar a un único elemento, pasando por alto la naturaleza compleja de la contaminación por metales pesados en ambientes urbanos e industriales. Esta y otras limitaciones han dado lugar al desarrollo de índices plurielementales, tales como el índice de carga contaminante (PLI) y el índice de riesgo ecológico potencial (PERI). El objetivo del trabajo fue analizar la distribución de los metales pesados Cd, Cr, Cu, Pb, Zn y Hg y evaluar la contaminación producida a través del uso de índices plurielementales en suelos superficiales del barrio Ramón Carrillo. Se trabajó sobre muestras simples (por triplicado) de suelo de 0 a 20 cm tomadas en 21 sitios del barrio. Se obtuvieron las concentraciones de los metales estudiados por mineralización (EPA 3050B) y posterior determinación por espectroscopía de absorción atómica, Hg fue analizado por SEGEMAR. Los contenidos de metales se contrastaron con niveles guía de calidad para suelos nacionales (Ley 24.051) e internacionales (CCME). A los efectos de evaluar el aporte antrópico de los metales pesados, se determinaron índice de geoacumulación (Igeo), factor de contaminación (FC) e índice de carga contaminante (PLI), e índice de riesgo ecológico potencial (PERI). Para la línea de base, se utilizaron valores globales de suelos no contaminados, promedio de la corteza terrestre y contenidos de metales en loess de la zona. Como el barrio está asentado sobre suelos de rellenos diversos, la utilización de índices plurielementales aporta más información para el diagnóstico del grado global de contaminación. Algunos sitios de estudio presentaron deterioro progresivo de la calidad del suelo según PLI y grado de contaminación moderada y considerable en relación al riesgo ecológico según PERI. Se verificaron diferencias en el resultado final dependiendo del valor de fondo elegido. Se pudo proponer a través del análisis multivariado orígenes comunes de la contaminación en el suelo. Cu, Pb y Zn provendrían casi exclusivamente de los áridos que componen el relleno, sumado a las emisiones del tránsito vehicular. El resto de los metales a su vez tendrían otros orígenes, tales como: Cd de baterías Ni-Cd, Cr de residuos orgánicos de curtiembre y Hg de la quema de residuos. Los resultados de este estudio sugieren que los límites dispuestos por la normativa nacional no son lo suficientemente restrictivos.

**Palabras clave:** suelos urbanos, contaminación, riesgo





## **PERSPECTIVA GEOAMBIENTAL EN EL ÁMBITO URBANO-RURAL DE LA PLAYOSA, CÓRDOBA**

Barrera, A.V.<sup>1,\*</sup>, M.J. Rodríguez<sup>1</sup>, R.N. Ingaramo<sup>1</sup>, A.R. Becker<sup>1,2,3</sup>, A. Chiappero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto A. P. de Ciencias Básicas y Aplicadas, UNVM, Villa María, Córdoba, Argentina;

<sup>2</sup> Instituto Multidisciplinario de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Biotecnológica, CONICET-UNVM, Villa María, Córdoba, Argentina;

<sup>3</sup> Departamento de Geología, FCEFQyN, UNRC, Río Cuarto, Córdoba, Argentina;

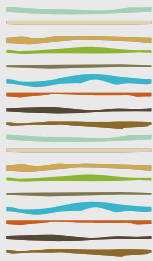
\* Av. Arturo Jauretche 1555, (5900) Villa María, Prov. de Córdoba, antovbarrera@gmail.com

### **RESUMEN**

El estado y funcionamiento del suelo estarían más impulsados por las actividades humanas y no tanto por la variabilidad de los procesos naturales. El objetivo principal es evaluar, desde la perspectiva geoambiental, el ámbito urbano-rural de La Playosa, Córdoba. El área presenta un clima templado subhúmedo con vientos predominantes del sector N-NE. La escasa vegetación natural corresponde a la provincia biogeográfica Pampeana, distrito el Espinal. Geomorfológicamente es un paisaje suavemente ondulado constituido por un manto loésico con predominio de Haplustoles énticos y típicos. Se realizaron observaciones a campo, caracterización morfológica del suelo representativo natural y encuestas semiestructuradas dirigidas a actores sociales claves. Los resultados evidencian que la localidad presenta un alto porcentaje de pequeños parches de vegetación nativa y especies aisladas de algarrobo, especialmente en zonas alejadas del centro urbano. Las características morfológicas del suelo representativo lo definen como un Haplustol típico con un solum de 60 cm, texturas francas a franco-limosas, estructuras moderadas a fuertes, pendientes del 0-1%, permeabilidad moderadamente rápida, por lo que no presenta peligro de anegamiento. Aunque, en el límite noroeste (NO) y suroeste (SO) del ejido urbano se evidencian caminos rurales profundizados y vías de escurrimiento con complejos de suelos que se activan en periodos húmedos o lluvias extraordinarias. En cuanto a las percepciones de los actores sociales se destaca que, reconocen un ambiente de llanura, que se condice con el paisaje labrado del gran paleoabánico aluvial Ctalamochita. Sin embargo, no relacionan el riesgo de inundación a la geopedología local del sector NO-SO, sino más bien a un factor climático. Las actividades socioeconómicas más relevantes del área urbana son el comercio y las instituciones educativas, mientras que en el ámbito rural colindante, predomina la producción agrícola-ganadera asociada a la producción lechera, con cultivos de soja, maíz, sorgo y trigo. Las principales problemáticas socioambientales percibidas, se asocian al basural, fumigaciones, olores desagradables e incendios; quedando en segundo plano los riesgos naturales como sequías, inundaciones y anegamientos. Se destaca que a nivel de gestión municipal, se avanzó con la separación de residuos domiciliarios, lo cual contribuye a disminuir el impacto del basural a cielo abierto emplazado en vías de escurrimiento y próximo a zonas residenciales. Por lo tanto, las características geopedológicas sitúan a la localidad respecto de la región en una zona elevada, aunque con algunos sectores susceptibles a inundaciones, que junto a acciones antrópicas propician la transformación del ambiente y aceleran las problemáticas socioambientales. Se espera generar cartografía geoambiental como base para actualizar y contribuir a la gestión ambiental local y planificación del territorio.

**Palabras clave:** socioambiental, manto loésico, espinal.





## **SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL PERIURBANO DE LA CIUDAD DE RÍO CUARTO, CÓRDOBA**

Becker, A.R.<sup>1,2,3</sup>, M. Grumelli<sup>1,4\*</sup>, H.F. Schiavo<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto; Córdoba.

<sup>2</sup> Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María, Córdoba.

<sup>3</sup> Instituto Multidisciplinario de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Biotecnológica (IMITAB), CONICET-UNVM, Villa María, Córdoba, Argentina; Ruta Nacional 36, Km 601, (CP X5804BYA) Río Cuarto, Córdoba, Argentina, [abecker@exa.unrc.edu.ar](mailto:abecker@exa.unrc.edu.ar)

<sup>4</sup> Instituto de Ciencias de la tierra, Biodiversidad y Ambiente (ICBIA) CONICET-UNRC, Río Cuarto, Córdoba, Argentina

### **RESUMEN**

El periurbano es entendido como la zona de transición o ecotono entre campo y ciudad donde se despliegan complejos fenómenos ecológicos y sociales. La ocupación del suelo en las zonas periurbanas presenta una gran heterogeneidad y profundos problemas con un crecimiento acelerado de la población, urbanizaciones y conflictos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la sustentabilidad ambiental del periurbano de la ciudad de Río Cuarto. Se elaboró una cartografía ambiental a partir de conocimientos geológicos, tectónicos, estratigráficos, geomorfológicos, pedogenéticos, paleorasgos y procesos activos, entre otros. Se identificaron las unidades ambientales: planicie eólica, faja fluvio eólica y depresión con diverso uso actual (agrícola, ganadero, industrial, extractiva, habitacional y recreativo). En cada unidad se describieron y muestrearon los perfiles representativos de suelos; y la capacidad de uso y uso actual.

Se concluye que el conocimiento de las características de los suelos y capacidad de uso que integran las unidades ambientales del periurbano de la ciudad de Río Cuarto es imprescindible para establecer una Planificación y Ordenamiento Territorial ambientalmente sustentable. Es necesaria la planificación e implementación de políticas públicas entre el estado y el sector privado que generen los mecanismos e instrumentos para dar cumplimiento a las normativas municipales ambientales vigentes de las actividades en un espacio vital proveedor de servicios ambientales y complejos fenómenos socio-económicos.

**Palabras clave:** Ruralidad urbana, planificación territorial, políticas públicas.

### **INTRODUCCIÓN**

El periurbano es entendido como la zona de transición o ecotono entre campo y ciudad, donde se despliegan complejos fenómenos ecológicos y sociales (Crojethovich & Barsky, 2012). El área periurbana presenta características sociales y producciones heterogéneas con diversos usos del suelo que generan impactos, en la ciudad como espacios circundantes, desconocimiento de pautas naturales o por ausencia de estudios científicos que avalen la capacidad y vulnerabilidad del ecosistema. La identificación de las problemáticas sobre la ocupación del suelo en las zonas periurbanas presenta gran heterogeneidad y profundos problemas sociales, ambientales, entre otros, con un crecimiento acelerado de la población, urbanizaciones y conflictos (Barsky, 2005). Las gestiones políticas de los últimos años, han entendido que crecimiento es sinónimo de aumento de población, ambas variables, traducidas en el incremento de la superficie territorial y, por lo tanto, en la ampliación jurisdiccional de las localidades, sin considerar las posibilidades y limitaciones ambientales que presentan los ecosistemas. El aumento en superficie se asocia directamente a satisfacer la demanda habitacional sin considerar las prácticas de economías mixtas, rurales o sociales que soporten este aumento habitacional (Guzmán et al., 2017; Galfiori et al., 2020).





En el periurbano de la Ciudad de Río Cuarto son escasos los estudios sobre la sustentabilidad ambiental de este complejo espacio. Por ello se considera imprescindible disponer integralmente de información ambiental, como herramienta de base para una Planificación Territorial que permita asistir a los tomadores de decisiones y estrategias de gestión tanto públicos como privados sobre el uso y manejo ambientalmente sustentable de los suelos del periurbano de Río Cuarto (Córdoba).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el periurbano de la ciudad de Río Cuarto, departamento Río Cuarto, Córdoba, Argentina (Figura 1a). El clima es templado subhúmedo (787mm, 16,5°C), tipo monzónico con vientos de dirección predominante N-NE y velocidades medias de 12,5 km h<sup>-1</sup> (Serie Universidad Nacional Río Cuarto, 1976-actualidad). La vegetación natural está restringida a pequeños relictos, bordeando cursos de agua, caminos, vías férreas de la Provincia Biogeográfica Pampeana, Distrito del Espinal (Arana et al., 2021).

Geomorfológicamente los principales rasgos del área están vinculados a los diferentes climas del Pleistoceno superior-Holoceno, en el cual ambientes fluviales, fluvio-palustres y eólicos determinaron las litologías expuestas (Grumelli et al., 2018).

En el área se identifican fundamentalmente dos grandes usos del territorio: rural y urbano. El uso rural, principal pilar de la economía, agricultura y ganadería. La agricultura extensiva ocupa la mayor superficie con especies de ciclo estival (soja, maíz, maní, girasol y sorgo) bajo siembra directa con el paquete tecnológico tradicional que se utiliza en la mayoría de las regiones agrícolas del país (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022). Además, se desarrolla agricultura intensiva con producción hortícola, a campo cultivos de hoja (lechuga, acelga, espinacas, etc.), y bajo cubierta hortalizas de fruto para consumo en fresco (tomate, pimiento, berenjena, entre otros). La ganadería se realiza en forma extensiva destinada a la producción de bovinos, ovina y porcina, e intensiva dedicada a la cría en feed lot de bovinos (Figura 1 b, c, d, e).

En relación al uso urbano, se identificó el desarrollo de la actividad industrial (metalmecánica), extractiva (áridos y ladrilleras), habitacional (viviendas permanentes, centros vecinales y espacios recreativos) Figura 1 f, g, h.



Figura 1. a) Ubicación del área de estudio y unidades ambientales del periurbano, uso actual del suelo b) agrícola, c) hortícola a campo, d) hortícola cubierta, e) ganadero, f) arenera, g) ladrillera, h) habitacional.

Metodológicamente, se elaboró la cartografía ambiental del periurbano de Río Cuarto (Sistema de Información Geográfica-QGIS) en base a conocimientos geológicos, tectónicos, estratigráficos, geomorfológicos, pedogenéticos, paleorasgos y procesos activos, entre otros. En cada unidad identificada se describieron y muestrearon los perfiles representativos de suelos (Soil Survey Manual, 2017). Se realizó análisis de rutina: materia orgánica (%) pérdida por ignición (LOI) (Heiri et al. 2001), granulometría (%) por método combinado de pipeta (fracción <50µm) y tamizado (fracciones 50 – 2000 µm); pH (relación 1:2,5) (Jackson, 1970). Se efectuaron entrevistas semiestructuradas a actores sociales claves (Plencovich et al., 2017). Se determinó la capacidad de uso (Klingebiel & Montgomery, 1961) y uso actual de los suelos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el periurbano se reconocen las unidades ambientales: Planicie eólica, Faja fluvio eólica y depresión con diverso uso actual (Figura 1) coincidiendo con lo expresado por Grumelli et al. (2018) y Becker et al. (2021). La Planicie eólica, suave a moderadamente ondulada, donde alternan alineaciones de antiguos médanos longitudinales de rumbo NNE-SSO y depresiones asociadas de origen tectónico y paleocanales, con pendiente general hacia el SE entre 1 y 2 % aunque localmente suele ser más pronunciada, de dirección variable, y granulometrías arenas finas a muy finas susceptibles a procesos de erosión eólica e hídrica. Los perfiles representativos de la unidad Planicie eólica son la Serie (t) Río Cuarto y la Serie (t) El Tropezón. Los suelos de la Serie (t) Río Cuarto (Ap Bw1 Bw2 BC C Hapludol típico, franco arenoso, illítico, térmico) son los más extensos del área, se desarrollan en sedimentos de la planicie eólica con paleorasgos fluviales en un relieve cóncavo bajo, pendiente de 0-1%, lenta permeabilidad y escurrimiento, drenaje moderado, desarrollo estructural moderado, moderada a escasa iluviación en los horizontes B; materia orgánica en el Ap 1,8%. La caracterización del material parental de la Serie (t) Río Cuarto (Grumelli et al. 2022) y la variabilidad espacial de los Hapludoles de la Serie (t) Río Cuarto en una transecta del periurbano de río cuarto coincide con señalado con Giordanino et al. (2022).

La Serie (t) El Tropezón (Ap-A2-Bw-C Hapludol típico, franco arenoso, illítico, térmico), se desarrolla asociado a sedimentos de médanos longitudinales en un relieve normal, posición de loma alta, pendiente de 0-1%, permeabilidad moderadamente rápida, escurrimiento medio, drenaje moderado, moderada estructuración, escasa iluviación de arcillas (B); materia orgánica en Ap (4%). Las Series Río Cuarto (Capacidad de uso IIIwe) y El Tropezón (Capacidad de uso IVe), son aptas para la agricultura, con recomendaciones para evitar degradación progresiva de los suelos. Actualmente su uso es agrícola-ganadero, con predominio de cultivos (soja y maíz).

La Faja Fluvio-eólica y depresión, caracterizada por la faja fluvial del río Cuarto, curso con alta variabilidad (ancho, profundidad, diseño) controlada por tectonismo y el régimen hidrológico, disminuye de N a S (de 6 a 1 km). Presenta una depresión asociada a bajos elongados y suaves depresiones de relieve plano con extensas playas salinas (4 km longitud y 1,5 km de ancho). El nivel freático se encuentra entre 2 y 4 m de profundidad y, en algunos sectores subaflorando. El grado de hidrohalomorfismo y desarrollo de playas salinas está vinculado principalmente a la fluctuación del nivel freático y la composición sulfatada sódica del agua. Esta unidad presenta diferencias morfológicas y altitudinales. En el extremo Norte, paleocanales (50 m de ancho) muy disipados, que dan cuenta de la génesis fluvial de la unidad, vinculada a una posible antigua salida (desbordes) del río Cuarto; mientras que, hacia el sur, estos rasgos no se perciben, el relieve es más plano e incrementa el grado de hidrohalomorfismo y desarrollo de playas salinas.

Los suelos de la Serie (t) Tres Acequias y Serie (t) San José pertenecen a esta unidad. La Serie (t) Tres Acequias (Ap-AB-Bt1-Bt2-Bt3-BC-C1-C2 Argiudol típico, franco arenoso muy fino, térmico) se desarrolla en la terraza antigua de la faja fluvial, relieve normal en posición de loma plana, pendiente del 1%, escurrimiento lento a medio, permeabilidad moderadamente rápida y buen drenaje, con buen desarrollo pedogenético, abundantes rasgos de iluviación (Bt) y materia orgánica 4,6% (Ap). Son suelos aptos para la agricultura (IIIe) con recomendaciones; actualmente con uso mixto agrícola-ganadero, hortícola y ladrilleras. La Serie (t) San José (Apk-Bt1k-Bt2k-Bck-Ck Natrudol cálcico, franco limoso, térmico), se encuentra en un relieve cóncavo, pendiente de 0,5% a 1%, escurrimiento muy lento, alto peligro de anegamiento, abundantes sales o álcalis y nivel freático próximo a la superficie, con abundantes rasgos de iluviación (Bt), carbonatos en todo el perfil y materia orgánica 6,7%. Su capacidad de uso (VIws) debido al riesgo de anegamiento y problemas de salinidad presenta graves limitaciones y no es apta para cultivos. Actualmente posee uso agrícola ganadero.

La caracterización de los suelos de las unidades ambientales identificadas coincide con lo expresado por Becker et al. (2022) en relación al uso y manejo sustentable de los suelos del periurbano. En ciudades intermedias como la ciudad de Río Cuarto la evaluación de la sostenibilidad territorial es señalado por Galfioni et al. (2020) concordando con lo analizado en el periurbano de la ciudad de Río Cuarto.



## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten establecer que el conocimiento de las características de los suelos y capacidad de uso que integran las unidades ambientales del periurbano de la ciudad de Río Cuarto es imprescindible para establecer una Planificación y Ordenamiento Territorial ambientalmente sustentable. Se observan suelos con distintas capacidades agrícolas y para el crecimiento urbano están siendo explotados o subexplotados vinculados al crecimiento de la ciudad de Río Cuarto. Además, es necesario la planificación e implementación de políticas públicas entre el estado y el sector privado que generen los mecanismos e instrumentos para dar cumplimiento a las normativas municipales ambientales vigentes de las actividades en un espacio vital proveedor de servicios ambientales y complejos fenómenos socio-económicos.

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el Proyecto "Caracterización geoambiental y alternativas de uso sustentable del periurbano de Río Cuarto, Córdoba, Argentina". PPI-UNRC (2020-2022).

## BIBLIOGRAFÍA

- Arana, M D; ES Natale; NE Ferretti; GM Romano; AJ Oggero; G Martínez & JJ Morrone. 2021. Esquema biogeográfico de la República Argentina. Opera lilloana 56, Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Barsky, A. 2005. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Vol.9. N194 (36).
- Becker, A; M Grumelli & M Tinant. 2022. Uso y manejo sustentable del recurso suelo del periurbano, Córdoba, Argentina. Actas del XXI Congreso Geológico Argentino. Puerto Madryn, Chubut.
- Crojethovich, MA & A Barsky. 2012. Ecología de los bordes urbanos. Di Pace, M. & Caride Bartrons, J (Eds). Ecología Urbana. Buenos Aires. UNGS. 185-232.
- Galfioni, M; G Maldonado & A Degioanni. 2020. Evaluación de la sostenibilidad territorial en ciudades intermedias. Estudio de caso en la Ciudad de Río Cuarto (Argentina). Estudios Geográficos. Vol. LXXIV (Nº 275): 469-493.
- Giordanino, L; M Grumelli & H Schiavo. 2022. Variabilidad espacial de los Hapudoles de la Serie (t) Río Cuarto en una transecta del periurbano de Río Cuarto, Córdoba. Actas del XXI Congreso Geológico Argentino. Puerto Madryn, Chubut.
- Guzmán, A; A Becker; MJ Rodríguez & M Grumelli. 2017. Análisis de los parches de uso del suelo en el periurbano de Villa María, Córdoba, como herramienta para la planificación urbana. Actas XX Congreso Geológico Argentino. Simposio 14. Pedogénesis y cartografía de suelos como herramientas para la planificación sustentable. 55-63.
- Grumelli, M; A Becker; H Schiavo & T Guillaumet. 2022. Caracterización del material parental de la serie (t) río cuarto, Córdoba, Argentina. Actas del XXI Congreso Geológico Argentino. Puerto Madryn, Chubut.
- Grumelli, M; A Becker & H Schiavo. 2018. Paleoambientes del Pleistoceno medio-Holoceno en la planicie pedemontana del sur de Córdoba. <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/naturalia/wp-content/uploads/2018/09/Naturalia-Patagonica-Vol-10>.
- Heiri, O; A Lotter & G Lemcke. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology 25: 101-110.
- Jackson, M. 1970. Análisis Químico de Suelos. Ed. Omega, Barcelona.
- Klingebiel, A & P Montgomery. 1961. Land capability classification. USDA-SCS. Agriculture Handbook 210.
- Plencovich, MC; LI Vugman; G Cordon; M Rodriguez; A Mella & MV Sófiora. 2017. La investigación en las ciencias ambientales (1ª ed.). Editorial EFA-UBA. ISBN 978-987-3738-12-8.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/acerca\\_de/distribucion\\_superficie/index.php](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/acerca_de/distribucion_superficie/index.php)
- Soil Survey Manual. 2017. Soil Survey Manual. Handbook 18. USDA. Washington DC. 639 pp.
- Soil Survey Staff. 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos, Décima segunda Edición - Traducido al español. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Washington, DC. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051546.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf).



# ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE N<sub>2</sub>O EN DIFERENTES CULTIVOS DE SERVICIO Y DIFERENTES ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Petrasek, M.R.<sup>1,2\*</sup>, G. Piñeiro<sup>3</sup>, V. Bonvecchi<sup>2</sup>, T. Della Chiesa<sup>4</sup>, L. Yahdjian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Becario CONICET. <sup>2</sup>Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján;

<sup>3</sup>IFEVA-CONICET, y Catedra de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>4</sup> Ruta 5 y 7, Luján, Buenos Aires. 4 Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. FAUBA.

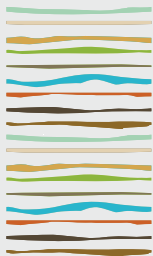
\*petrasekmarcos@gmail.com

## RESUMEN

Los suelos agrícolas son considerados la principal fuente antropogénica de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), un potente gas de efecto invernadero. Las emisiones están aumentando producto del uso agrícola y es urgente encontrar manejos que las mitiguen. Los cultivos de servicio (CS) se presentan como una alternativa para reducir las emisiones en monocultivos de soja. En este sentido, resulta clave contar con información confiable de las emisiones totales anuales de N<sub>2</sub>O para evaluar distintas alternativas de manejo frente al cambio climático. Los modelos computacionales son una herramienta muy importante para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O que son muy variables en el tiempo y permiten integrar las emisiones diarias en emisiones acumuladas anualmente. El objetivo de este trabajo fue calibrar y evaluar el modelo de simulación *DayCent* para estimar la dinámica temporal de las emisiones de N<sub>2</sub>O bajo rotaciones agrícolas soja/soja que incluyen distintos cultivos de servicios (CS). Se calibró el modelo con datos obtenidos en un experimento a campo en San Antonio de Areco, Pcia. Buenos Aires que contenía mediciones de N<sub>2</sub>O en un cultivo continuo de soja con los siguientes CS: avena (*Avena sativa* L.), vicia (*Vicia villosa* Roth.) y una mezcla de avena/vicia. Luego se simuló las emisiones anuales de N<sub>2</sub>O con el modelo para cultivos de servicio que cubren todo el periodo de barbecho (ciclo largo) vs los que se siembran dos meses luego de la cosecha de soja y son terminados dos meses previos a la siembra de soja (ciclo corto). A su vez, se simuló diferentes escenarios climáticos que surgieron de la combinación de años lluviosos (1450 mm) y secos (600 mm) con variada estacionalidad de las precipitaciones, concentradas en primavera-verano y en otoño-invierno. El modelo mostró que en un año lluvioso todos los CS de ciclo largo emitieron menos N<sub>2</sub>O que un ciclo corto independientemente del momento del año donde lloviera. La reducción fue de un 40% para avena, de un 24% en vicia y 23% para avena/vicia. Mientras que, en un año seco la reducción fue solamente cuando las precipitaciones se centraron en otoño-invierno con una reducción del 34% para la avena, un 7% para la vicia y un 3% en avena/vicia respecto a un ciclo corto de CS. Cuando las precipitaciones se centraron en primavera-verano las emisiones incrementaron un 30% para avena, un 22% para vicia y un 38% para avena/vicia respecto a un ciclo corto de CS. El modelo *DayCent* resultó una herramienta clave para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O acumuladas en el año bajo distintas alternativas de CS, manejos y rotaciones agrícolas. Las simulaciones sugieren que las gramíneas de ciclo largo (sembradas temprano y suprimida tarde) son la mejor alternativa para disminuir las emisiones de N<sub>2</sub>O.

**Palabras clave:** soja, óxido nitroso, daycent





## **SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD PARA SUELOS AGROPRODUCTIVOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS**

Benintende, S.M.<sup>1</sup>, M.A. Sterren<sup>1,\*</sup>, M.B. Fontana<sup>1</sup>, Uhrich, W.G.<sup>1</sup>, Rondan, G. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Entre Ríos;  
Ruta Provincial 11, km 10, (3100) Oro Verde, Prov. de Entre Ríos, [silvia.benintende@uner.edu.ar](mailto:silvia.benintende@uner.edu.ar)

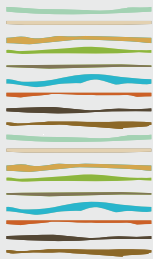
### **RESUMEN**

Para que un conjunto de indicadores pueda ser incluido en un programa de monitoreo de calidad de suelos es necesario establecer los niveles de referencia para las variables que lo componen. Con el objetivo de desarrollar un sistema de monitoreo de calidad para la Provincia de Entre Ríos, hemos seguido un procedimiento de selección de variables capaces de reflejar cambios en el funcionamiento de los principales suelos destinados a la producción agropecuaria de la Provincia y hemos establecido niveles de referencia de este conjunto de variables. A partir de un análisis exhaustivo de antecedentes internacionales y locales, se realizó una síntesis de las variables que los autores recomiendan para su utilización como indicadores de salud/calidad del suelo. Sobre las variables que podrían ser consideradas para integrar un programa de monitoreo, se realizó un análisis, considerando el grado de ajuste a los criterios esenciales para ser utilizadas como indicadores de la calidad. Esto es: presentar consistencia en la dirección del cambio, tener alta sensibilidad al manejo y baja sensibilidad a las variaciones climáticas de corto plazo, presentar sencillez metodológica, ser accesible a cantidad de usuarios y tener bajo costo. Además, se incluyó como criterio de selección la posibilidad de contar con valores de referencia para la región. Para realizar la selección de las variables utilizamos una matriz de priorización, sobre la cual se trabajó por medio de reuniones con expertos. Las variables seleccionadas fueron: C orgánico, N Total, pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, porcentaje de Na intercambiable, Conductividad eléctrica, C de la Biomasa Microbiana, N mineralizable, profundidad enraizable, estabilidad de agregados y una caracterización visual de propiedades físicas de suelo. Seguidamente, hicimos un análisis sobre la capacidad del conjunto de variables para reflejar cambios del suelo para cumplir funciones clave, corroborándose esta capacidad. Para la generación de estos niveles de referencia se trabajó sobre 5 Subgrupos que ocupan la mayor parte de superficie productiva de los Molisoles y Vertisoles de la Provincia. Se consideran los Argiudoles acuicos y los Argiudoles verticos dentro del Orden Molisol, mientras que se trabaja con los Peludertes argicos, Peludertes argiudolicos y Peludertes argiacuolicos, dentro del Orden Vertisol. Se obtuvieron datos de las Cartas de suelo de la Provincia de Entre Ríos sobre: profundidad enraizable, C orgánico, N total, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y porcentaje de Na intercambiable. Los valores de referencia para variables biológicas y para estabilidad de agregados, se trabajan a partir de investigaciones previas del grupo de trabajo, mientras que para la caracterización visual de propiedades físicas, se realiza la determinación in situ en sitios representativos de cada uno de los subgrupos. Para el conjunto de variables seleccionadas, se planifica ampliar mediciones que sirvan de valores de referencia y verificar aquellos ya obtenidos.

**Palabras clave:** salud de suelos, herramienta interactiva monitoreo de suelos







## FLUJOS DE CARBONO EN PASTURAS Y RELACIÓN CON LA TEMPERATURA

BRANCE BONVINI, María Inés<sup>1, 2,\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias,  
Kreder 2805, (3080) Esperanza, Prov. de Santa Fe, Argentina;

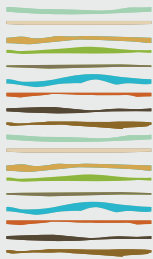
<sup>2</sup>Gentos S.A, mi.brancebonivni@gmail.com

### RESUMEN

Existen numerosos estudios sobre los flujos de carbono en suelos agrícolas. Sin embargo, poco se sabe sobre lo que sucede en suelos bajo pastoreo. Los objetivos del trabajo fueron: i) identificar los flujos subterráneos de carbono en el suelo, ii) cuantificar la producción de las pasturas y iii) evaluar modelos de regresión lineal y no lineal de temperatura. El estudio se realizó en un tambo de la cuenca lechera central santafesina, una de las más importantes de Argentina. Se confeccionó un ensayo bajo un DBCA, con cuatro tratamientos: T0- alfalfa; T1- alfalfa + festuca mediterránea; T2- festuca continental + trébol tojo (TR) + trébol blanco (TB); T3- Achicoria + Cebadilla + TR+ TB. Se evaluó la producción de biomasa aérea en [kgMS.ha<sup>-1</sup>], respiración del suelo (Rs) con el método de cámara invertida y se determinó el CO<sub>2</sub> emitido por el suelo mediante titulación ácido-base, en el mismo sitio se muestreó raíces para determinar la producción de biomasa subterránea, siendo raíces finas, aquellas menores a 2 mm (medidas en laboratorio con calibre). Los datos meteorológicos se tomaron de la E.E.A INTA Rafaela con el fin de evaluar la relación entre Rs y la temperatura mediante modelos de regresión lineal y no-lineal, para este último se estimaron los coeficientes Rs10 y Q<sub>10</sub>. Durante el período de evaluación de las pasturas (2019-2022) se determinó la producción de biomasa total, encontrando diferencia significativa (p<0,05) en la pastura pura respecto de las pasturas consociadas. El crecimiento inicial fue similar entre los tratamientos. Sin embargo, el cultivo de alfalfa pura continuó su producción a lo largo del tiempo a una tasa mayor que el resto de los tratamientos, generando una brecha de aproximadamente 4000 [kgMS.ha<sup>-1</sup>] con el resto de los tratamientos. La Rs tuvo diferencias significativas (p<0,05) entre tratamientos y mostró una fuerte correlación con la temperatura tanto para el modelo de regresión lineal como para el no-lineal. La biomasa radicular no arrojó diferencias significativas entre tratamientos ni se correlacionó con la temperatura. El modelo Q<sub>10</sub> mostró la sensibilidad de la Rs a la temperatura, sin diferencias significativas entre tratamientos. Estudiar los flujos de C en los ecosistemas permite entender las entradas y salidas de C en los suelos, generando los elementos necesarios para la construcción del balance de C en suelos de sistemas ganaderos bajo pastoreo, lo que permitirá que los productores tengan herramientas certeras para entender si están realizando un correcto manejo en los establecimientos y en caso contrario elaborar planes con estrategias para potenciar el secuestro de carbono de los suelos con pasturas implantadas. Por otro lado, el futuro balance de carbono podría generar una mejora en las políticas públicas, entidades educativas y productores, generando trabajos interdisciplinarios, con una finalidad específica: generar conciencia social y ambiental para cuidar el medioambiente.

**Palabras clave:** balance de carbono, sistemas pastoriles, medioambiente.





## RESPIRACIÓN DEL SUELO CON PASTURAS

Brance Bonvini, M.I.<sup>1,2,\*</sup>, G. Berhongaray,<sup>1,3,4</sup> R. Alvarez<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Kreder 2805, (3080) Esperanza, Prov. de Santa Fe, Argentina;

<sup>2</sup>Gentos S.A;

<sup>3</sup>ICiAgro Litoral, UNL, CONICET, FCA, Kreder 2805, (3080) Esperanza, Prov. de Santa Fe, Argentina.;

<sup>4</sup>AACREA,

<sup>5</sup> Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires.

Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires. Argentina. [mi.brancebonvini@gmail.com](mailto:mi.brancebonvini@gmail.com).

### RESUMEN

Existen numerosos estudios sobre los flujos de carbono en suelos agrícolas. Sin embargo, poco se sabe sobre lo que sucede en suelos bajo pastoreo. El objetivo de este trabajo es evaluar el flujo de respiración anual de un suelo pastoril, discriminando en respiración autótrofa y heterótrofa. El estudio se realizó en un tambo de la cuenca lechera central santafesina bajo un DBCA, con cuatro tratamientos: uno compuesto por pastura pura de alfalfa y el resto, por pasturas consociadas. Se evaluó la respiración del suelo ( $R_s$ ) con el método de cámara invertida y se determinó el  $CO_2$  emitido por titulación ácido-base. En los mismos sitios se determinó biomasa de raíces. Los datos meteorológicos se tomaron de la E.E.A INTA Rafaela. Utilizando el software R studio, se construyó un modelo de regresión lineal para evaluar la relación entre la  $R_s$  y la temperatura. Para la partición de la  $R_s$  en sus componentes autótrofos y heterótrofos se consultaron valores de la bibliografía. La  $R_s$  está fuertemente correlacionada con la temperatura ( $p=0,033$ ). Se encontraron diferencias significativas en la  $R_s$  entre tratamientos, siendo menor en el tratamiento compuesto por cuatro especies (trébol rojo, trébol blanco, cebadilla y achicoria). El tratamiento de alfalfa pura fue el que presentó mayor  $R_s$ . La  $R_s$  acumulada en 15 meses fue de  $18 \text{ t C ha}^{-1}$ . La composición de la pastura afectó la  $R_s$  y consecuentemente sus componentes:  $R_h$  y  $R_a$ . Los factores abióticos como temperatura y precipitación están fuertemente asociados a la  $R_s$ .

**Palabras clave:** carbono, flujos, pasturas

### INTRODUCCIÓN

La respiración del suelo ( $R_s$ ) es el segundo mayor flujo de carbono en la mayoría de los ecosistemas terrestres (Davidson *et al.*, 2002). Aproximadamente la mitad del C de la fotosíntesis es respirado por las plantas retornando a la atmósfera como  $CO_2$  (IPCC, 2013), y el resto es fijado como producción primaria neta. Los suelos en todo el mundo han estado perdiendo C durante muchos años (Le Quéré *et al.*, 2013). Sin embargo, el estudio de los flujos de C en el suelo para poder entender y predecir el comportamiento futuro presenta desafíos científicos y logísticos en su medición (McCarthy, 2005).

La salida de mayor relevancia es la respiración del suelo ( $R_s$ ). Los cambios en las tasas de  $R_s$  podrían cambiar potencialmente el balance de carbono de los ecosistemas terrestres y actuar como un mecanismo de retroalimentación del cambio climático (Trumbore *et al.*, 2006).

La  $R_s$  está compuesta por  $CO_2$  que proviene de: (I) descomposición microbiana del carbono orgánico del suelo (COS) (respiración heterótrofa) y (II) respiración de las raíces (respiración autótrofa). La respiración de





las raíces de los cultivos representa aproximadamente el 40 % de la respiración total del suelo, y la misma está estrechamente relacionada con el crecimiento y la estructura de las raíces (Ben-Noah y Friedman, 2018). Dada la creciente demanda por conocer el potencial de secuestro de C de los suelos, y en especial en suelos ganaderos, es necesario estudiar el impacto de diferentes alternativas de pasturas.

El objetivo de este trabajo es evaluar el flujo de respiración del suelo en el tiempo y discriminar la respiración del suelo en sus componentes autótrofos y heterótrofos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en un establecimiento ganadero lechero en la localidad de Esperanza, Santa Fe (31°26'S 60°57'W). El experimento constó de cuatro tratamientos: T0: alfalfa (*Medicago sativa*); T1: alfalfa + Festuca mediterránea (*Festuca arundinacea*); T2: festuca continental + trébol rojo (*Trifolium pratense*) + trébol blanco (*Trifolium repens*); T3: achicoria (*Cichorium intybus*) + cebadilla (*Bromus catharticus*) + trébol rojo + trébol blanco. El ensayo tuvo un diseño completamente aleatorizado, con 3 repeticiones, en parcelas de 1950 m<sup>2</sup>, el mismo fue sembrado el 4 de junio de 2019 en líneas a 17,5 cm. No se realizaron aplicaciones de fitosanitarios. El estudio se realizó en un sistema bajo pastoreo de ganadería de leche con una carga animal de 2,1 vacas en ordeño/ha. Los datos meteorológicos fueron tomados de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Rafaela.

La Rs fue medida mensualmente desde enero 2021 hasta marzo 2022. Para ello, se instalaron 120 cámaras invertidas (cilindros de acero) en los cuales se colocaron, en cada uno de ellos, un recipiente entre 8 y 15 ml (según la época del año) con una solución de NaOH 1 normal. Se instalaron 3 cilindros con su base sellada como testigo. Los cilindros, fueron sellados por un plástico grueso y aislado con papel aluminio con el objetivo de evitar el calentamiento. Durante 3 días permanecieron en el campo, y el CO<sub>2</sub> emitido por el suelo fue recogido en el la solución de NaOH. Luego en el laboratorio, a cada contenedor se le colocó fenolftaleína como indicador y se valoró el NaOH sobrante mediante la titulación con HCl, 0.5N. Los valores fueron transformados a la superficie de la cámara y la respiración estimada en t C ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Para la partición de la respiración del suelo en sus componentes autótrofos y heterótrofos se consultaron valores de la bibliografía. Según promedios de diversos autores, el porcentaje de respiración heterótrofa es del 40% en pasturas y la respiración de las raíces (respiración autótrofa, Ra) constituye un 60% de la Rs (Caquet, *et al.*, 2012; Millard, *et al.*, 2008; Casanovas *et al.*, 2012; Adewopo *et al.*, 2014; Byrne y Kiely, 2014; Heinemeyer *et al.*, 2012).

El análisis de los datos se realizó por ANOVA y posteriormente una prueba de separación de medias (LSD; P = 0,05). Para evaluar la relación entre la temperatura y la Rs se utilizó un modelo de regresión lineal, el mismo fue construido software R studio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Rs, independientemente del tipo de pastura, estuvo fuertemente asociada a la temperatura media del aire, lo cual se constató utilizando un modelo de regresión lineal. Existe relación estadísticamente significativa entre la Rs y temperatura media del aire (p<0,05). A partir del análisis estadístico se construyó el siguiente modelo que explica el 34,3% de la variabilidad de la salida de CO<sub>2</sub> del suelo.

$$Rs = 13,1536 + 1,36351 * Tme$$

Dónde, Tme: temperatura media.

La Rs fue mayor en los meses de verano que de invierno, coincidente con la evolución de la temperatura (Figura 1). Otros estudios coinciden con que existe correlación positiva entre respiración del suelo y temperatura (Reich y Schlesinger 1992;Curiel Yuste, 2004).

La fuerte correlación entre Rs y la temperatura, observada en una escala de tiempo anual no implica nece-



sariamente una relación causal. Estudios posteriores que intenten investigar la sensibilidad a la temperatura de la Rs deberían caracterizar las diferentes respuestas del compartimento autótrofo y heterótrofo es decir, desglosar los componentes de la respiración del suelo para poder comprender que cantidad de CO<sub>2</sub> es emitido por la respiración de las raíces.

Autores como Casanovas *et al* (2014) sugieren que los resultados podrían estar dados por la sensibilidad de la respiración del suelo a los factores abióticos (temperatura y humedad) lo que podría ser una función de las proporciones de Ra y Rh.

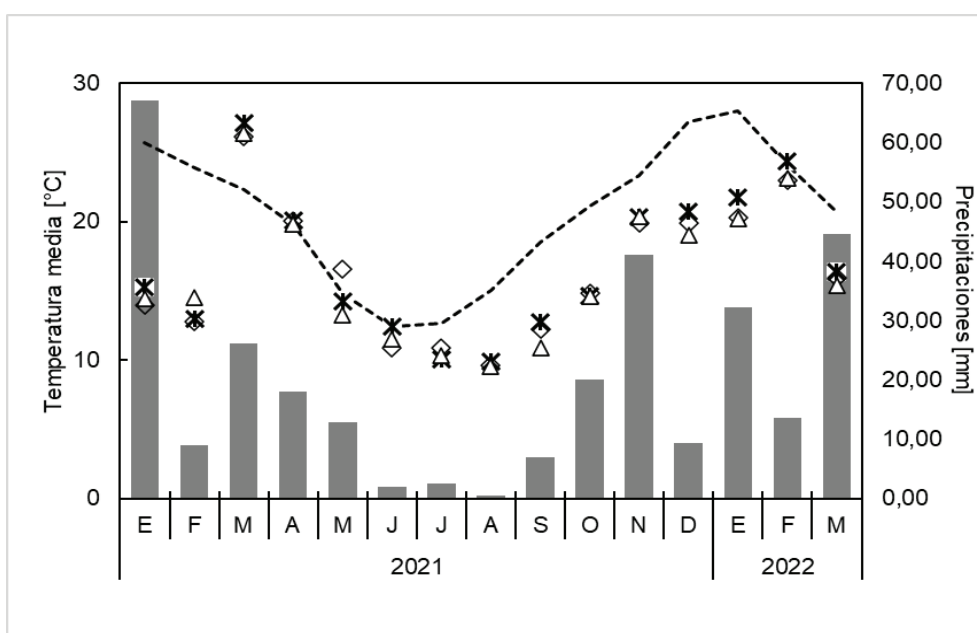


Figura 1. Temperatura (línea punteada), precipitaciones (barras) y respiración del suelo (CO<sub>2</sub>) media mensual en el período de estudio. Los diferentes tratamientos se simbolizaron de la siguiente manera: T0- asteriscos, T1- cuadrados, T2- rombos, T3- triángulos.

Se encontraron diferencias significativas en la Rs entre tratamientos, siendo menor en T3, compuesto por cuatro especies (trébol rojo, trébol blanco, cebadilla y achicoria). El tratamiento de alfalfa pura fue el que presentó mayor Rs (Tabla 1). Si bien, las diferencias son estadísticamente significativas, la variación de la Rs del suelo entre tratamientos es ínfima. La Rs acumulada en 15 meses para el T0, T1, T2 y T3 fue cercano a 18 t C ha<sup>-1</sup> (Figura 2).

Tabla 1. Valores acumulados de respiración de suelo en [t C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>] entre enero 2021 y diciembre 2021. Letras diferentes corresponden a diferencias significativas (p<0,05) entre tratamientos.

Tratamiento	Rs (kgC ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	n		
T0	13,5	30	A	
T1	13,4	30	A	
T2	13,3	30	A	B
T3	13,1	30		B



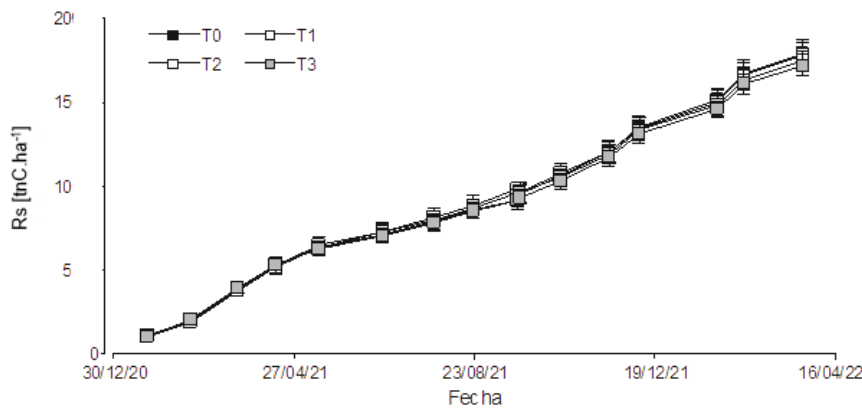


Figura 2. Acumulación de respiración de suelo ( $R_s$ , expresada en  $t\ C\ ha^{-1}$ ) entre enero 2021 y marzo 2022. Símbolos de diferentes colores, indican tratamientos distintos ( $P < 0.05$ ).

Tabla 2. Partición de la respiración del suelo en los componentes planta y microorganismos.

Tratamiento	Rh [ $t\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ]	Ra [ $t\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ]
T0	5,4	8,1
T1	5,4	8,1
T2	5,3	8,0
T3	5,2	7,9

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre los primeros 3 tratamientos y el T3 ( $p < 0,05$ ), aun así la variación entre tratamientos es pequeña  $0,1\ t\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$ , (Tabla 2). Los resultados obtenidos en este estudio significan un avance en la región pampeana donde escasean los estudios de flujos de C en pasturas. Los resultados obtenidos en este estudio significan un avance en la región pampeana donde escasean los estudios de flujos de C en pasturas. En cambio, en suelos agrícolas, está estudiado que el 50% del carbono se aporta a partir del residuo el cual pasa a formar materia orgánica, y el restante 50% se desprende hacia la atmósfera tras la descomposición del material vegetal (Alvarez y Alvarez, 2002). En la pampa ondulada, La emisión total de  $CO_2$  promedio de las situaciones analizadas fue de  $9,7\ t\ CO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$ , de las cuales  $1,8\ t\ CO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$  provenían de la respiración de las raíces de los cultivos y no constituían una pérdida de carbono desde los componentes orgánicos del suelo y  $7,9\ t\ CO_2/ha/año$  eran emitidos por descomposición de residuos vegetales y mineralización de materia orgánica (Alvarez, 2006).

## CONCLUSIONES

La composición de la pastura afectó la  $R_s$  y consecuentemente sus componentes: Rh y Ra. Los factores abióticos como temperatura y precipitación están fuertemente asociados a la  $R_s$ .

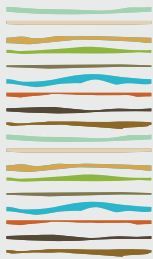
Estudiar los flujos de C en los ecosistemas permite entender las entradas y salidas de C en los suelos, generando los elementos necesarios para la construcción del balance de C en suelos de sistemas ganaderos bajo pastoreo, lo que permitirá que productores tengan herramientas certeras para elaborar planes con estrategias que permitan potenciar el secuestro de carbono de los suelos con pasturas implantadas.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, R. (2006). Balance de carbono en los suelos. Estación experimental agropecuaria Rafaela, 105, 36-43.
- Alvarez, R., Alvarez, C. R., Steinbach, H. S., Salas, J. M., & Grigera, S. (2002). Materia orgánica y fertilidad de los suelos en la pampa ondulada. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 14, 11-14.
- Ben-Noah, I., & Friedman, S. P. (2018). Review and evaluation of root respiration and of natural and agricultural processes of soil aeration. *Vadose Zone Journal*, 17(1), 1-47.
- Byrne, K.A., Kiely, G. (2006) Partitioning of Respiration in an Intensively Managed Grassland. *Plant Soil*, 282, 281–289.
- Caquet, A. De Grandcourt, A. Thongo M'bou, D. Epron, A. Kinana, L. Saint André, Y. Nouvellon. 2012. Soil carbon balance in a tropical grassland: Estimation of soil respiration and its partitioning using a semi-empirical model, *Agricultural and Forest Meteorology*, 158–159, 71-79.
- Curiel Yuste, J., Janssens, I. A., Carrara, A., & Ceulemans, R. (2004). Annual Q10 of soil respiration reflects plant phenological patterns as well as temperature sensitivity. *Global Change Biology*, 10(2), 161-169.
- Davidson EA, Savage K, Verchot LV et al. (2002). Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113, 21–37.
- Gomez-Casanovas, N., Matamala, R., Cook, D.R. and Gonzalez-Meler, M.A. (2012), Net ecosystem exchange modifies the relationship between the autotrophic and heterotrophic components of soil respiration with abiotic factors in prairie grasslands. *Glob Change Biol*, 18, 2532-2545.
- Heinemeyer, A., Tortorella, D., Petrovičová, B. and Gelsomino, A. (2012), Partitioning of soil CO2 flux components in a temperate grassland ecosystem. *European Journal of Soil Science*, 63, 249-260.
- IPCC Climate Change. (2013).
- Julius B. Adewopo, Maria L. Silveira, Sutie Xu, Stefan Gerber, Lynn E. Sollenberger, Tim Martin. 20015. Management intensification effects on autotrophic and heterotrophic soil respiration in subtropical grasslands, *Ecological Indicators*, 56, 6-14.
- Le Quéré, C., Andres, R. J., Boden, T., Conway, T., Houghton, R. A., House, J. I., & Zeng, N. (2013). 10. The global carbon budget 1959–2011. *Earth System science data*, 5(1), 165-185.
- McCarthy, J.F. (2005). Carbon fluxes in soil. *J. Geogr. Sci.* 15, 149–154.
- Peter Millard, Andrew J. Midwood, John E. Hunt, David Whitehead, Thomas W. Boutton. (2008). Partitioning soil surface CO2 efflux into autotrophic and heterotrophic components, using natural gradients in soil  $\delta^{13}C$  in an undisturbed savannah soil, *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (7), 1575-1582.
- Reich, J. W., & Schlesinger, W. H. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to climate. *Tellus*, 44(B), 81-99.
- Trumbore, S. (2006). Carbon respired by terrestrial ecosystems—recent progress and challenges. *Global Change Biology*, 12(2), 141-153.





## **PRODUCCION DE BIOMASA EN RELLENO POST CLAUSURA**

Branzini, A., A. Sonenberg, M.M. Zubillaga, M.S. Zubillaga

Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires,  
Av. San Martín 4453, CABA, Prov. de Buenos Aires, branzini@agro.uba.ar

### **RESUMEN**

La problemática derivada de la baja diversidad en la matriz energética y la creciente demanda de energía, sumado a la temática de la disposición final de residuos sólidos urbanos, trae aparejado impactos ambientales y sociales. Argentina es un país que posee condiciones ambientales y territoriales adecuadas para el desarrollo de energía a partir de biomasa, siendo una alternativa viable desde el punto de vista de la bioeconomía. Este trabajo planteó valorizar energéticamente suelos marginales originados por actividad humana, y para ello, se evaluó el uso potencial de *Pennisetum purpureum* como cultivo energético en suelos del relleno sanitario de la CEAMSE que se encuentra en etapa post clausura (Complejo Ambiental Villa Domingo). Se realizó un ensayo utilizando las especies vegetales *Pennisetum purpureum* (penisetum), *Miscanthus x giganteus* (miscantus), *Panicum virgatum* (panicum), y una asociación de dos especies: penisetum y miscantus. Para cada tratamiento se determinó cobertura, altura, peso húmedo, composición vegetal, % de humedad y rendimiento; y además se estimó la producción potencial de biogás para el cultivo de penisetum. Según los resultados obtenidos, penisetum es una especie que pudo crecer y desarrollarse en suelos de rellenos sanitarios en etapa de post clausura, mostrando rendimientos similares a los obtenidos en suelos agrícolas; evidenciando, entonces, que es un cultivo alternativo viable. Por otro lado, penisetum posee potencial para la generación de biogás, pero se considera necesario llevar a cabo más estudios para evaluar el rendimiento de biogás de panicum en codigestión con otras biomásas ricas en nitrógeno. Se concluye que la adaptación de esta especie vegetal a las condiciones de los suelos antrópicos, y la potencial generación de energía con su biomasa, es un paso importante para poner en práctica el paradigma de la bioeconomía.

**Palabras clave:** *Pennisetum purpureum*; tecnosol, bioenergía.

### **INTRODUCCION**

Actualmente, la matriz energética primaria de Argentina está dominada por combustibles fósiles, y la biomasa representa alrededor de un 5% (BEN, 2020). La baja diversidad de la matriz energética, el aumento demográfico, el modelo de desarrollo económico y la creciente demanda de energía provocan que la matriz energética de países como Argentina sea poco sostenible en el mediano plazo, a causa de una gran presión y dependencia sobre las materias primas utilizadas (Straschnoy et al, 2010). Por consiguiente, una solución podría ser aumentar la diversificación de la matriz energética mediante la utilización de energías renovables, dentro de las que podemos mencionar a la bioenergía (Hernández, 2012; Tobares, 2012; Verón & Propato, 2015).

La bioenergía se obtiene a partir de combustibles derivados de la biomasa (biocombustibles). Los biocombustibles pueden ser clasificados en: sólidos (principalmente leña y carbón vegetal), líquidos (biodiesel y bioetanol) y gaseosos (biogás). Este biogás se produce durante el proceso de digestión anaeróbica de la biomasa y está constituido principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), siendo los princi-



pales usos el de la generación de calor o vapor, la generación eléctrica y/o como combustible para vehículos, teniendo para cada caso una calidad diferente (FAO, 2019).

En respuesta a la contradicción entre la producción de biomasa para energía y la competencia con los alimentos y con los usos del suelo, es que existe un interés creciente en el desarrollo de cultivos no alimenticios en zonas que no compiten con los alimentos, como pueden ser los suelos de rellenos sanitarios en etapa post clausura. Estos suelos, clasificados como tecnosoles<sup>1</sup>, suelen tener baja aptitud agrícola, por lo que su reutilización en la etapa post clausura como área de producción de materia prima para la generación de bioenergía, puede ser una alternativa interesante para valorizarlos socio-cultural, económica y ambientalmente (Sitio Web oficial de Argentina.gov.ar; Zubillaga, 2013).

Dentro de los cultivos energéticos, se encuentra *Pennisetum purpureum* (penisetum), que es un pasto C4 perenne, de crecimiento erecto y rápido, que tiene bajos requerimientos agrícolas y puede alcanzar entre los de 2 a 4 m de altura.

El objetivo planteado fue analizar el uso potencial de penisetum como cultivo energético en suelos del relleno sanitario de Villa Domínico (CEAMSE) que se encuentra en etapa post clausura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue el relleno sanitario Complejo Ambiental de Villa Dominico de la CEAMSE, el cual se encuentra en etapa post clausura desde el año 2004. El predio abarca una superficie de 487 ha, en las cuales se dispusieron un total de 48 millones de toneladas de residuos a lo largo de 25 años de actividad (Sitio Web oficial de la CEAMSE).

El ensayo a campo se realizó en un sitio experimental dentro del área de estudio y se establecieron 4 tratamientos (los cultivos se implantaron en el año 2011):

T1-*Pennisetum purpureum* (penisetum)

T2-*Miscanthus x giganteus* (miscantus),

T3-*Panicum virgatum* (panicum),

T4-Consociación: *Pennisetum purpureum* + *Miscanthus x giganteus*.

El diseño experimental constó de 6 repeticiones por tratamiento, distribuidas en tres bloques según la pendiente del terreno. Cada unidad experimental consistió en una parcela de 2,5m × 2,5m, con las plantas dispuestas en hileras, separadas entre sí por 1 m.

En el año 2019 se realizaron mediciones de los siguientes parámetros vegetales: i) cobertura vegetal (%) abarcada por cada parcela, con el uso de una cinta métrica, ii) altura promedio (m) de cada parcela, tomando 4 repeticiones en cada una de ellas. Para el T4 se registró la superficie completa y la abarcaba por miscantus. Se registró in situ el peso húmedo (kg) de cada parcela mediante balanza digital, para lo cual se cosechó la totalidad de la parcela a una altura de 10 cm con moto guadaña. En laboratorio se determinó el % de humedad, lignina, hemicelulosa y celulosa, a partir de muestras de 300 g por parcela. En el T4 se registró el peso de miscantus y el de penisetum por separado.

Los datos de rendimiento, fueron anuales y se estimaron a partir de los datos de cobertura vegetal, peso húmedo y % de humedad de cada parcela, calculado como kilogramo de materia seca por metro cuadrado (kgMS/m<sup>2</sup>). Para el T4, se calculó la MS para cada especie por separado, realizando la sumatoria al final, debido a que los % de humedad de los pastos difieren entre sí.

La estimación del potencial uso de penisetum para la generación de biogás, se calculó mediante la siguiente ecuación:

<sup>1</sup>Tecnosol: material parental proveniente de materiales derivados de la actividad humana, que por sí solos no existirían en el ambiente (WRB, 2007).



$$GB=RP*RB$$

Donde, GB es la Generación de biogás ( $m^3/m^2$ ), RP es el Rendimiento de penisetum ( $kgMS/m^2$ ) y RB es el Rendimiento de biogás ( $m^3/kg$  ST).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestran los parámetros vegetales analizados en cada uno de los tratamientos. En particular, el tratamiento individual de penisetum obtuvo mayor cobertura vegetal, altura de plantas y peso húmedo con respecto a los demás tratamientos.

En cuanto a la cobertura vegetal, T1 fue un 63% mayor comparado con el tratamiento individual de miscantus, mostrando diferencias estadísticamente significativas (Figura 1.a.). Con respecto a la altura de las plantas, si bien también se observó que penisetum un valor mayor en un 53% con respecto a miscantus, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura 2.b). A su vez, T1 también obtuvo el mayor peso húmedo, siendo significativamente mayor que el tratamiento individual de miscantus en un 91%, pero no encontrándose diferencias significativas con el tratamiento de consociación (Figura 1.c.). Al comparar estos resultados con los encontrados por otros autores sobre tierras de usos agrícolas, se encontró que los parámetros vegetales fueron similares, demostrando que el cultivo es versátil, y es apto para desarrollarse bajo climas diversos, pero también en suelos marginales o de baja productividad (Varnero, 2011). Los datos del T3 no se muestran debido a que al momento de la cosecha no se observó cobertura vegetal para el análisis de los datos, considerando una baja adaptación del cultivo a suelos marginales o a un mayor consumo por parte de animales debido a su alta palatabilidad.

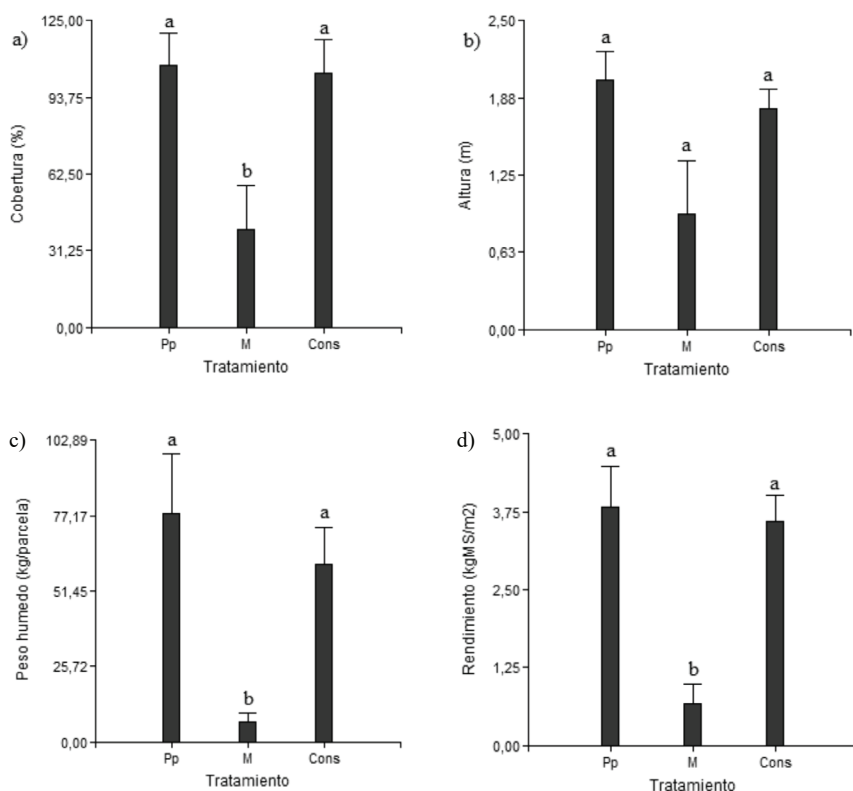


Figura 1: Valores medios por tratamiento para a) cobertura (%) (m<sup>2</sup>), b) altura (m), c) peso húmedo (kg/parcela) y d) rendimiento (kgMS/m<sup>2</sup>). Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Referencias: Pennisetum Purpureum (Pp), Miscanthus x giganteus (M), y Consociación (Cons).





Al igual que en los parámetros anteriores, el rendimiento también fue mayor para el tratamiento individual de penisetum, obteniendo una biomasa de 3,83 kgMS/2. Como ocurrió con las otras variables, este tratamiento no posee diferencias significativas con el tratamiento de consociación, pero si con el cultivo individual de miscantus (Figura 1.d.).

Se analizó en particular el tratamiento de consociación y para ello se calcularon los pesos y la cobertura que ocupó cada especie en particular. Como se muestra en la Figura 2, miscantus aportó solamente el 6% de peso de la parcela y ocupó menos de un 15% de las parcelas.

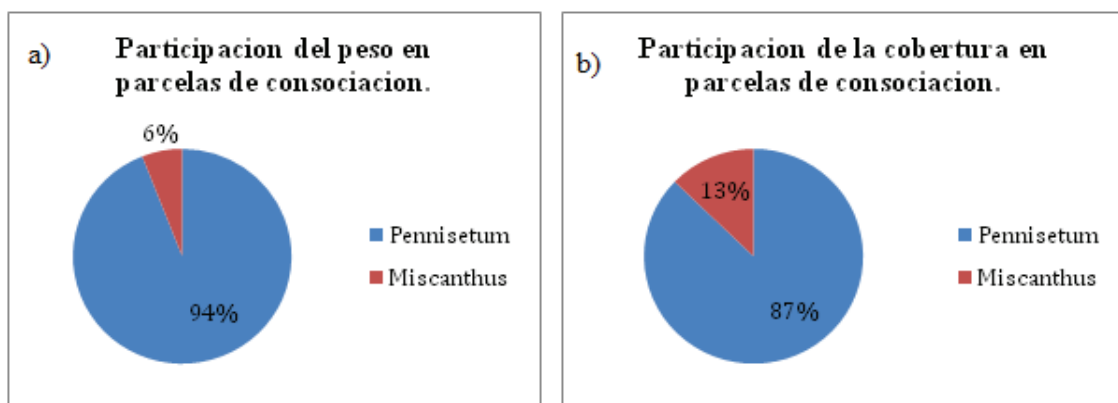


Figura 2: a) Peso medio (kgMS) y b) cobertura media (%) ocupado por *Miscanthus x giganteus* y *Pennisetumpurpureum* en los tratamientos de consociación.

La capacidad de la planta para ser digerida biológicamente fue evaluada a partir de la composición química de las diferentes especies vegetales. Según los resultados, los valores de celulosa, hemicelulosa y lignina fueron similares entre las especies estudiadas, difiriendo en menos de un 10 %. El mayor contenido porcentual de celulosa y lignina se encontró en la especie penisetum, y la de hemicelulosa en la especie miscantus. Si se comparan estos valores con otras materias primas, estos pastos presentan valores superiores, por lo que el proceso de digestión podría llevar más tiempo para alcanzar la producción de biogás.

El rendimiento teórico de biogás a partir de la digestión anaeróbica de la especie penisetum se estimó a partir de bibliografía (ver Ec.1) (Tabla 1).

Tabla 1. Biogás (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) estimado para el rendimiento de *Pennisetum purpureum*

Rendimiento del cultivo	Rendimiento Biogás	Generación de biogás
(kgMS/m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /kgMS)	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
3,83	0,17	0,65

Al comparar con otras materias primas, se evidencia que la especie genera valores potenciales de biogás superiores en aproximadamente un 50% a los residuos de trigo, cebada y maíz, ya que estos últimos producen 0,12; 0,14 y 0,33 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de biogás respectivamente. No obstante, si se lo compara con residuos de remolacha y papa se obtienen valores parecidos a 0,65 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, dado que estos cultivos generan 0,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de biogás (Varnero, 2011). Consecuentemente, los valores calculados para penisetum son promisorios, si se tiene en cuenta que los mismos son obtenidos de un cultivo que puede ser cultivado en suelos de relleno sanitario en etapa post clausura.

A su vez, para mejorar el rendimiento de biogás, penisetum podría co-digerirse con estiércol vacuno, ya que contribuye a mejorar la eficiencia de conversión a metano (Haryanto et.al., 2018; Lianhua et al, 2018).



## CONCLUSIONES

Penisetum resultó ser una especie bien adaptada a los suelos de rellenos sanitarios en etapa de post clausura, siendo éste su octavo año de cosecha y obteniendo rendimientos similares a los encontrados en suelos con fines productivos. Esto permite pensar en la posibilidad de replicar el experimento en otros sitios de relleno en etapa de post-clausura, evaluando otras especies vegetales en asociación con penisetum, dado que miscantus resultó significativamente inferior en casi todos los parámetros medidos con lo que respecta a penisetum, además de no tener influencia significativa en el tratamiento de consociación.

La generación de biogás a partir del cultivo de penisetum sobre tecnosoles se considera factible, ya que el rendimiento de la especie se traduce en buen rendimiento potencial de biogás. Se considera necesario llevar a cabo más estudios sobre la generación de biogás con este tipo de materia prima para determinar si el rendimiento esperado es posible y contemplar algún tipo de pre-tratamiento o sustrato de co-digestión para mejorar el rendimiento esperado.

La potencial generación de energía a partir del biogás obtenido, sería un beneficio para los habitantes de poblaciones aledañas al sitio de estudio, lo que lo valorizaría ambiental como socialmente.

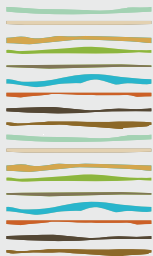
## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad de Buenos Aires (UBACYT 20020170100365BA. 2018- 2022) por la financiación parcial de la investigación.

## BIBLIOGRAFIA

- BEN (Balances energéticos Nacionales). 2020. <https://www.argentina.gov.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- FAO. 2019. Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Colección Documentos Técnicos N° 12. Buenos Aires. 104 pp.
- Hernández, C. 2012. Apuesta biotecnológica: etanol de segunda generación. Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad Veracruzana.
- Haryanto, A; Hasanudin U, Afrian C & I Zulkarnain. 2018. Biogás production from anaerobic codigestion of cowdung and elephant grass (Pennisetum Purpureum) using batch digester. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Vol. 141. IOP Publishing.
- Lianhua, L; Ying L, Sun Y, Yuan ZL, Kang X & otros. 2018. Influence of the feedstock ratio and organic loading rate on the co-digestion performance of Pennisetum hybrid and cow manure. Energy & Fuels, 32:4.
- Straschnoy, JV; Lamas N & S Klas. 2010. Energía, estado y sociedad. Situación energética Argentina. Revista Científica de la Universidad de Ciencia Empresariales y Sociales, 76-93.
- Tobarez, L. 2013. La importancia y el futuro del biogás en la Argentina. Petrotecnia.
- Varnero, M. 2011. Manual del Biogás. Santiago, Chile. FAO.
- Verón, S & T Propato. 2015. La matriz energética argentina y su impacto. Ciencia Hoy, 144.
- Zubillaga, MS. 2014. El destino de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Buenos Aires: breve diagnóstico y algunas alternativas. Agronomía & Ambiente Tomo 33 N° (1-2).





## CONTENIDO DE GLOMALINA EN LA RIZÓSFERA DE PLANTAS ACUMULADORAS DE PLOMO

Cáceres-Mago, K.<sup>1\*</sup>, M.J. Salazar<sup>1</sup>, A.G. Becerra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), CONICET, FCEFYN, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba;

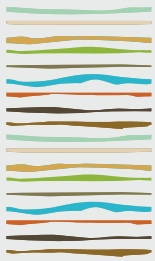
\*Casilla de Correo 495. C.P. 5000, kcaceresmago@gmail.com

### RESUMEN

En la localidad de Bouwer (provincia de Córdoba, Argentina) funcionó una planta recicladora de baterías ácidas, emitiendo plomo (Pb) al aire y dejando escorias en el ambiente. La falta de control de las emisiones y la inadecuada eliminación de los residuos generaron una grave acumulación de Pb en una zona extensa, provocando numerosos casos de intoxicación en la población. Dado que esta situación sigue siendo un riesgo toxicológico potencial, la fitorremediación con plantas y microorganismos tolerantes a los metales podría representar una herramienta clave en la recuperación del área contaminada. *Bidens pilosa* y *Tagetes minuta* son especies nativas metalófilas adaptadas a las condiciones de la zona. El mismo comportamiento se ha observado con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) nativos, que además alivian la toxicidad de los metales a través de varios mecanismos, como la producción de glomalina que se une a algunos metales pesados secuestrándolos en el suelo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de glomalina fácilmente extraíble (GFE) y glomalina total (GT) en la rizósfera de *B. pilosa* y *T. minuta* creciendo en suelos contaminados con Pb en Bouwer. Las muestras de suelo rizosférico se tomaron en sitios con diferentes niveles de Pb que forman un gradiente creciente de concentración (entre  $89 \pm 6$  y  $16186 \pm 686 \mu\text{g.g}^{-1}$ ), de acuerdo a la disponibilidad de las plantas en cada sitio. La GFE y GT se extrajeron usando buffer citrato y autoclave, y se cuantificaron mediante el ensayo de proteínas de Bradford. En todos los sitios evaluados se encontró glomalina, pero no se observó una tendencia creciente o decreciente asociada con un mayor contenido de Pb. En *B. pilosa*, los valores más altos de GFE y GT coincidieron con uno de los sitios con mayor número de esporas entre los puntos muestreados para esta especie. Mientras que para *T. minuta* la GT aumentó en aquellos sitios donde se registraron mayor número de esporas y densidad de hifas. Estas variables micorrícicas podrían estar relacionadas con la deposición de glomalina en el suelo al ser un componente de la pared de las hifas y esporas. En el caso de *T. minuta*, un mayor contenido de GT coincidió con los valores más altos de materia orgánica, carbono y nitrógeno total, parámetros edáficos que se relacionan positivamente con la glomalina. Este estudio preliminar muestra que la presencia de glomalina podría contribuir a uno de los mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con Pb, utilizando estratégicamente la combinación de plantas y HMA nativos que muestran tolerancia a la contaminación de metales pesados.

**Palabras clave:** fitorremediación, glomalina, plomo.





## CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS EN SUELO BAJO DIFERENTES SECUENCIAS DE CULTIVO

Caprile, A.C.<sup>1\*</sup>, M.R. Repetti<sup>2</sup>, A.E. Andriulo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INTA EEA Pergamino;

<sup>2</sup>UNL-PRINARC;

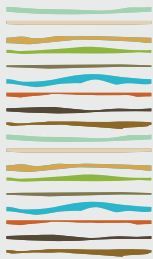
\*Av Frondizi, km 4,5, (2700) Pergamino, Prov. de Buenos Aires, caprile.ana@inta.gob.ar

### RESUMEN

El efecto de la secuencia de cultivos sobre la retención de los plaguicidas en el suelo ha sido poco estudiado a través de las campañas. El seguimiento en el largo plazo es importante para visualizar la persistencia de estos efectos. Objetivos: a) determinar las concentraciones de algunos plaguicidas en el horizonte A en dos secuencias de cultivos bajo siembra directa en los años 2015 y 2020 y b) analizar algunas propiedades del suelo en dichas secuencias. Los dos secuencias forman parte de un ensayo de comparación de sistemas de producción agrícola iniciado en 2006 en la EEA INTA Pergamino sobre un suelo Serie Pergamino sin fases por erosión. Las secuencias son: soja-trigo/soja-maíz (R) y monocultivo de soja (S). En R, se recurrió al criterio de reposición para la recomendación de la fertilización N, P y S y el umbral de daño para el control de plagas y a partir del 2018 se incorporaron cultivos de cobertura. En S, no se utilizaron fertilizantes. El diseño del ensayo es de bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. Se muestreó el suelo en otoño de 2015 y 2020, en las profundidades 0-5 y 5-20 cm. Se analizó azoxistrobina, ciproconazole, clorpirifós, 2,4-D, atrazina, glifosato y su metabolito AMPA. También se determinó infiltración básica y cobertura de residuos, y densidad aparente, carbono orgánico del suelo (COS) y pH en ambas profundidades. En 2015 a 0-5 cm, glifosato fue solo detectado en algunas muestras y AMPA tuvo concentraciones (8-30 µg/kg) que no difirieron entre secuencias. Atrazina, azoxistrobina y ciproconazole fueron cuantificados con mayor concentración en R (2,92, 8,33 y 3,2 µg/kg, respectivamente) que en S (1,90, 2,62 y 1,1 µg/kg, respectivamente). Clorpirifós presentó varias detecciones (45%) y pocas cuantificaciones en ambas profundidades. El 2,4-D fue cuantificado (1,3-6,0 µg/kg) sin diferencia entre tratamientos en ambas profundidades. En 2020 a 0-5 cm, existió mayor concentración de glifosato, AMPA, azoxistrobina y ciproconazole en R (28,33, 250, 7,33 y 0,65 µg/kg, respectivamente) comparado con S (11,5, 61,67, 0,65 µg/kg y sin detección, respectivamente). Las mismas tendencias entre secuencias se observaron en 5-20 cm, excepto para ciproconazole que no fue detectado. Atrazina fue siempre detectada pero no cuantificada, clorpirifós fue detectado en muy pocas (12,5 %) muestras y 2,4-D no fue detectado, en las dos profundidades. Tanto en 2015 como en 2020, en R hubo mayor cobertura de residuos sobre el suelo, mayor stock de COS en la misma masa de horizonte A y menor pH en 0-5 cm. Siempre que hubo diferencias en la concentración de plaguicidas entre secuencias, estas fueron a favor de R y pueden estar explicadas por la elevada cobertura de residuos y por las propiedades del suelo que promueven su retención y evitan la pérdida hacia ecosistemas adyacentes. Es muy importante lograr aumentar su permanencia en el horizonte superficial bajo condiciones favorables para el desarrollo de una actividad biológica importante y diversa necesaria para asegurar un aumento en su completa degradación.

**Palabras clave:** glifosato, atrazina, fungicidas.





## **EVOLUCIÓN DE LA DETECCIÓN DE PLAGUICIDAS EN UN ENSAYO ORGÁNICO**

Caprile, A.C.<sup>1\*</sup>, M.R. Repetti<sup>2</sup>, A.E. Andriulo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INTA EEA Pergamino;

<sup>2</sup>UNL-PRINARC;

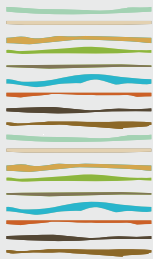
\*Av Frondizi, km 4,5, (2700) Pergamino, Prov. de Buenos Aires, caprile.ana@inta.gob.ar

### **RESUMEN**

Los plaguicidas persistentes tardan en disiparse del suelo varios años. El suelo puede cumplir esta función de disipación pero el tiempo que tarda para purificarse puede llevar lapsos mayores cuando las cargas contaminantes han sido altas y continuas. Objetivo: evaluar la presencia de plaguicidas en un ensayo orgánico a través de los años. Se utilizó un ensayo de producción orgánica sin aplicación de plaguicidas ni fertilizantes iniciado en 2006 en la EEA INTA Pergamino sobre un suelo Serie Pergamino sin fases por erosión. La secuencia de cultivo fue avena/soja-vicia/maíz y en 2017 se sembró festuca para rollos y extracción de la biomasa producida. El diseño del ensayo es de bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. Se muestreo el suelo en otoño de 2015 y 2020 y el perfil se dividió en 6 espesores (0-5, 5-20, 20-30, 30-57, 57-82 y 82-100 cm). En 2015 se determinó: azoxistrobina, ciproconazole, carbendazim, clorpirifós, cipermetrina, 2,4-D, atrazina, metsulfuron-metil, glifosato y su metabolito AMPA. En 2020 se determinó: clorpirifós, 2,4-D, acetoclor, atrazina, glifosato y su metabolito AMPA. Los plaguicidas fueron seleccionados para su determinación de acuerdo a las aplicaciones frecuentes que se realizan en los lotes alrededor del ensayo y la historia previa de aplicación de plaguicidas anterior al inicio del mismo. En 2015, los fungicidas no se detectaron, al igual que la cipermetrina y el metsulfuron-metil. El clorpirifós se detectó en pocas muestras (16,7%) y sólo una vez fue cuantificado. El 2,4-D se detectó (16,7%) y cuantificó (1,4-6,0 µg/kg) en pocas muestras, pero a lo largo del todo el perfil del suelo. La atrazina se detectó y cuantificó (1,2-2,0 µg/kg) en todo el perfil del suelo. El glifosato y su metabolito AMPA se detectaron (11,1 y 22,2%, respectivamente) y cuantificaron en los primeros centímetros principalmente. En 2020, se encontró similar patrón de distribución de plaguicidas en el perfil de suelo que el hallado en el 2015 pero con menor número de detecciones y con menores valores de cuantificación. 2,4-D y acetoclor no se detectaron. Y los porcentajes de detección de atrazina (38,9 %), clorpirifós (2,8 %), glifosato (5,6 %) y AMPA (5,6 %) se redujeron a la mitad. Esta reducción podría deberse, por un lado, al cambio en el tiempo de ocupación del suelo entre los dos años de muestreo (se pasó de cultivos agrícolas a una pastura permanente), y por otro lado, a un efecto fitorremediador de la pastura. En el último periodo de muestreo el suelo estuvo más tiempo cubierto con vegetación viva que produjo abundante biomasa que si bien fue cortada y extraída, promovió una mayor actividad biológica la cual ayudaría a la degradación y remoción de los diferentes plaguicidas hallados en el muestreo previo. Es muy importante lograr aumentar la permanencia de los plaguicidas en el horizonte superficial bajo condiciones favorables para el desarrollo de una actividad biológica. Esto se puede lograr estimulando la biota a través del incremento de los aportes de residuos, la diversificación y el aumento de los tiempos de ocupación del suelo.

**Palabras clave:** remediación, degradación, persistencia.





## **EVOLUCIÓN DEL NITROGENO EDÁFICO BAJO RIEGO CON AGUA RESIDUAL TRATADA EN INGENIERO JACOBACCI, RIO NEGRO.**

Catenazzo C.<sup>1</sup>, M.C. Riat<sup>1\*</sup>, M.V. Cremona<sup>2</sup>, A. Arroyo<sup>1</sup>, V. Velazco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Río Negro Instituto de Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD);

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

\* Mitre 630 San Carlos de Bariloche Río Negro.

### **RESUMEN**

La reutilización de agua residual tratada (RART), es de especial interés en regiones áridas y semiáridas, dado que se aprovechan agua y nutrientes en ambientes donde su disponibilidad para actividades humanas es muy limitante. Existen variables ambientales que es necesario monitorear, entre ellas la evolución de distintas formas de nitrógeno. El objetivo del trabajo fue plantear un balance de Nitrógeno (N) y evaluar su ajuste. También analizar la acumulación y el movimiento del nitrógeno inorgánico dentro del perfil. Se trabajó sobre un ensayo instalado desde 2016 en Ingeniero Jacobacci, en el que se compara el riego con agua residual tratada (ART) con el riego con agua de perforación (AL), en dos tipos de vegetación: cultivo de alfalfa (A) y campo natural (CN). En cada parcela, se midió el N en suelo al inicio del ensayo y luego de la segunda temporada de riego, se cosecho biomasa en tres ocasiones por temporada y se registró la lámina entregada considerando el contenido de N del ART. Se planteó una ecuación de balance teórica y los resultados se cotejaron con las mediciones. Los mismos, mostraron que efectivamente existe acumulación de nitrógeno en las parcelas regadas con ART (diferencias significativas,  $p < 0,05$ ). La correlación de Pearson y regresión lineal muestran que la estimación planteada para todos los factores (Tipo de agua y Vegetación), funciona aceptablemente ( $r = 0,66$ ;  $p = 0,02$ ;  $R^2 = 0,44$ ;  $n = 12$ ) para la cantidad de datos utilizados, evidenciando una mejora notoria al analizar los datos por tipo de vegetación ( $r > 0,9$ ;  $R^2 > 0,82$ ;  $n = 6$ ). Se concluye además que es necesario revisar algunos supuestos teóricos utilizados en la ecuación, y ajustar el modelo para procesos como la fijación biológica en leguminosas. El análisis de Amonio y Nitrito en profundidad, mostró una relación positiva entre el aumento del Nitrógeno total (Nt) en estrato 0-40 cm y  $\text{NO}_3^-$  en profundidad (60-80 cm) y los valores no superan los valores de riesgo ambiental (WHO, 2006).

**Palabras clave:** balance de nitrógeno, lixiviación, nitrógeno mineral.

### **INTRODUCCIÓN**

La recuperación de ART para su posterior reutilización, implica un proceso de captación y tratamiento adecuados, que permitan el cumplimiento de criterios de calidad necesarios y exigibles de acuerdo a la propuesta de reutilización. La reutilización tiene como objetivo cerrar el ciclo hidrológico a escala local, reciclando agua y nutrientes, principalmente Nitrógeno y Fósforo, presentes en las ART, convirtiéndolas así en un recurso. Su utilización, en lugar del agua potable, en riego agrícola y forestal, es una alternativa para evitar el vuelco de efluentes domésticos a cuerpos hídricos receptores y resulta de especial interés en áreas donde la escasez de agua afecta las actividades humanas (Faleschini, 2016).

Se estima que a nivel mundial el agua residual tratada se reutiliza en el riego de 4,5 millones de hectáreas, lo que representa un 1,5 % del área de riego total (Bixioa, et. al., 2006). En Argentina, la reutilización de efluentes tratados para riego ha sido abordada por algunas provincias. En el norte de Patagonia, Río Negro a través de





la autoridad de aplicación (DPA) se sumó a esta propuesta desde el 2012 y particularmente en Ing Jacobacci se instaló un ensayo en el marco de cuatro proyectos de la UNRN e INTA.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el enriquecimiento de las diferentes formas de Nitrógeno en el suelo regado con agua residual tratada y su potencial movimiento en el suelo. Como objetivos específicos se propuso, confeccionar y validar un modelo de balance de Nitrógeno para la reutilización de aguas residuales tratadas en cultivos forrajeros en Ing. Jacobacci (Río Negro) y analizar la acumulación y el movimiento del nitrógeno inorgánico dentro del perfil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y descripción del ensayo de RART para riego

La localidad de Ing Jacobacci ubicada en el centro Oeste de la Pcia. de Río Negro, se encuentra en una zona de planicies, mesetas y valles intermedios, con precipitaciones cercanas a los 150mm anuales donde la escasez de agua es crítica aun para el consumo humano. La vegetación natural es fundamentalmente xerófila exceptuando los valles y mallines en donde se encuentra vegetación herbácea que es fuertemente pastoreada en la mayoría de los casos. Existe en la localidad una planta de tratamiento de efluentes mediante lagunas facultativas con dos aireadores superficiales de baja potencia, la cual trata los efluentes generados en un barrio de 250 familias a oeste de la ciudad. En el año 2011 iniciaron diferentes estrategias de reutilización de efluentes tarados, en una parcela forestal. En el 2016 se instaló un ensayo dentro del predio de la planta de tratamiento de efluentes (41°19'21.89"S, 69°30'37.59"O) A través de un sistema de bombeo que se activa por nivel, se carga un tanque auxiliar de 2500 L ubicado a 270 m y 7 m por sobre la cota de la laguna de tratamiento. Paralelamente se cuenta con una perforación de agua freática dentro del mismo predio con la que, por medio de una bomba centrífuga se carga otro tanque de igual volumen contiguo al anterior. De ambos tanques se distribuye el agua de riego hacia las parcelas de cultivo. El diseño experimental se realizó en parcelas divididas donde el tipo de agua utilizada para riego es el factor principal, mientras que dentro de las parcelas principales se aleatorizó el tipo de vegetación, implantando parcelas de 2 x 3 m por triplicado para cada una. La alfalfa se sembró a fines de febrero de 2016. El tratamiento de campo natural consistió en la remoción de la vegetación natural, permitiendo la proliferación de la vegetación espontánea, comenzando el riego en la misma época que la alfalfa. La aplicación de agua se realiza por melgas y el agua es conducida por gravedad en tuberías hasta la cabecera de las mismas. Se riega diariamente con una lámina de aproximadamente 10 mm. La caracterización del agua residual tratada y la de perforación se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos analíticos del agua residual tratada y de perforación utilizada en el ensayo

	Agua Residual Tratada (**)	Agua de perforación(*)
pH	7,6	8,2
Conductividad (mS/s)	1,6	1,2
DQO (mgO <sub>2</sub> /ml)	358	-
Fósforo total (mgP/l)	7,1	-
Nitrógeno total (mgN/L)	25	-
Nitratos mg/L	-	7
RAS	5,5	9

\* CFI, 1991. Perforación J11 (41°19'S, 69°31'O) (\*\*) Lab UNC 5/15 y DPA

### Toma de muestras y análisis de laboratorio

En el inicio del ensayo se tomaron muestras de suelo simples, por parcela y a tres profundidades (0-20;20-40 y 60-80), se repitió el muestreo con la misma metodología, a finales de otoño luego de cada temporada de riego. En este trabajo se evalúan los resultados obtenidos luego de la segunda temporada de riego, comparándolos con los valores iniciales.

En laboratorio las muestras se secaron en estufa a 40°C y tamizaron por malla de 2 mm, determinándose sobre cada una de ellas, Nitrógeno total (NT<sub>kj</sub>) con método Kjeldahl (Sparks et al, 1996), Nitrógeno inorgá-





nico, amonio ( $\text{NH}_4$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3$ ), con Destilación de Bremner. Para estos dos últimos análisis se utilizó la muestra tamizada por 0,5 mm. Con las muestras de material vegetal cosechado, se cuantificó, peso seco de biomasa anual por parcela y %Nitrógeno en biomasa con método (Sparks et al, 1996).

### **Balance de nitrógeno**

Para evaluar las variables que influyen en la dinámica del Nitrógeno en el sistema planta-suelo, el punto de partida fue adaptar la ecuación general de balance de Nitrógeno total (Nt) en suelo (Álvarez, 2015). Se determinaron supuestos de análisis y se planteó la siguiente ecuación general de balance de Nt Estimado para el suelo del sitio de estudio.

$$Nt \text{ final Estimado} = Nt \text{ inicial} + Nt \text{ aportado} - Nt \text{ extraído}$$

Donde:

$$Nt \text{ inicial (2016) [Kg ha}^{-1}] = [(\%NKj \times 100) \times (\text{Peso de capa arable})] + NO_3^- \text{ inicial}$$
$$Nt \text{ aportado [Kg ha}^{-1}] = [\text{Volumen de riego por parcela} \times (\text{NKj en agua} + NO_3^- \text{ en agua})]$$
$$Nt \text{ extraído [Kg ha}^{-1}] = (\text{Peso seco} \times N \text{ en hoja})$$

Las temporadas de análisis fueron 2016/2017 y 2017/2018. Se unificaron los datos de estratos superiores de suelo, contemplando un sistema suelo-planta al estrato 0-40 cm, delimitando la zona de mayor desarrollo radicular. Se consideraron despreciables, la fijación biológica característica de la Alfalfa, y las pérdidas de Nitrógeno por volatilización, desnitrificación y lixiviación. También se consideró nulo, la concentración de nitrógeno en agua de perforación.

### **Procesamiento de datos y análisis estadístico**

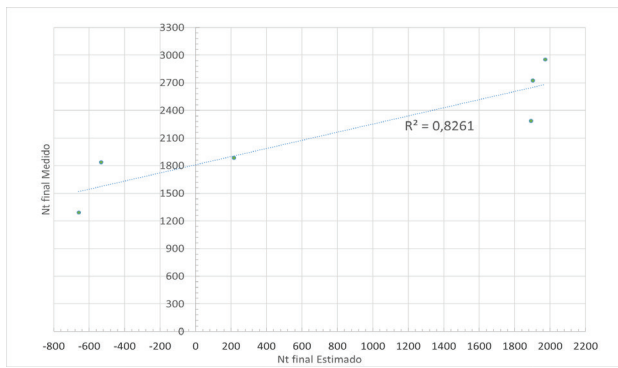
Para estudiar la relación de ajuste, entre el Nt final Medido (NtfM) y el Nt final Estimado (NtfE), se realizó un análisis de correlación entre ambas variables, aplicando el Coeficiente de Pearson (r) y una regresión lineal (método de cuadrados mínimos). Para evaluar la significancia estadística de los resultados obtenidos (medición y estimación), se realizó un análisis de la varianza (ANOVA). Se planteó un modelo acorde al diseño experimental del ensayo, de parcelas divididas. Siendo "Tipo de agua" factor principal, "parcelas" como estructura anidada en el factor principal, y "Vegetación" y "Tipo de agua" como interacción bifactorial. Se aplicó prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre pares de tratamientos. Se utilizó el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al, 2017).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

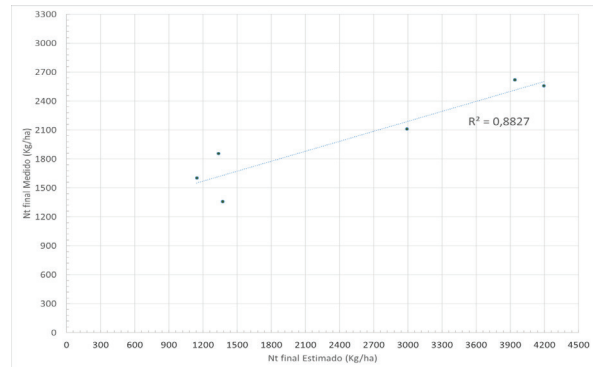
### **Ajuste del modelo (Correlación y regresión lineal)**

Los resultados de aplicar la correlación de Pearson y la regresión lineal entre las estimaciones y mediciones de Ntf indican que el modelo presenta una correlación razonable y significativa ( $r=0.66$ ;  $p=0.02$ ) y un ajuste aceptable ( $R^2=0.44$ ) para todos los datos en conjunto ( $n=12$ ), pero que ambos parámetros mejoran notoriamente si los datos se agrupan por tipo de vegetación ( $r>0.9$ ;  $R^2>0.82$  y  $r>0.9$ ;  $R^2>0.88$ ) (Figura 1a, 1b) y mejoran si se clasifican por tipo de agua.





1a



1b

Figura 1a –Regresión, línea de tendencia y R2, Ntf E vs. Ntf M. – Alfalfa (AT y AL).  
1b – Regresión, línea de tendencia y R2, Ntf E vs. Ntf M – Campo natural (AT y AL).

Éstos últimos análisis, son en base a pocos datos (n=6) como para ser concluyentes, pero indicarían que el tipo de vegetación con la que se trabaja es relevante para plantear un modelo de dinámica de nitrógeno en los sistemas de reúso. Los desfases entre lo estimado y lo medido, pueden superarse al igual que en otros trabajos de balance de N en el sistema suelo-vegetación, donde se utilizaron una cantidad de parámetros similares a los utilizados en este trabajo (Cichota et al., 2010).

#### Análisis del comportamiento del amonio y el nitrato

Con el fin de evaluar el movimiento y la posibilidad de acumulación de Nitrógeno, en el suelo regado con ART, se caracterizó la concentración de Amonio y Nitrato en todo el perfil (0-80 cm) al final de la segunda temporada de riego (Figuras 2a y 2b).

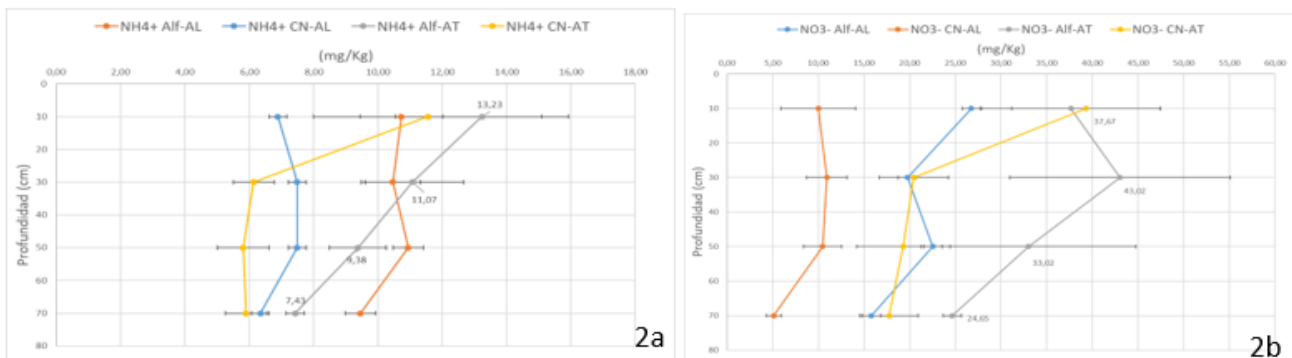


Figura 2a:  $\text{NH}_4^+$  final en perfil completo (AT y AL), 2b:  $\text{NO}_3^-$  final en perfil completo (AT y AL).

Como primera observación se puede destacar que en ningún caso se encontró mayor concentración de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$ ; en el último estrato (60-80 cm) respecto del primero (0-20 cm). Esto es coincidente con investigaciones precedentes, las cuales muestran que el aporte de N a través de una enmienda orgánica, puede reflejar, en períodos medios (mínimo 4 años), una menor acumulación de nitrato y menos pérdidas por lixiviación, respecto a las prácticas agrícolas convencionales con aplicación fertilizantes (Dalal, 1992; Miller et al., 2008). Para todos los tratamientos, en este diseño experimental, se detectó mayor concentración de Nitrato (5,12 a 43,02 mg Kg<sup>-1</sup>) respecto del Amonio (5,81 a 13,23 mg Kg<sup>-1</sup>).

La tendencia que se observa del análisis de estas formas de Nitrógeno en profundidad (40-60 cm y 60-80 cm) muestran que, comparando por factor Vegetación, el Amonio siempre es mayor en Agua de perforación



(Figura 2a) y el Nitrato es mayor en agua tratada (Figura 2b). Sin embargo, los valores de  $\text{NO}_3^-$  entre tipo de tratamiento (AL-AT) para todo el perfil mostraron que las diferencias de pérdidas en el sistema son similares o ligeramente más pequeñas en cultivos con riego convencional a los cultivos de leguminosas y tratamiento orgánico (Stopes et al., 2002). A su vez, también se comprueba que el proceso de lixiviación en cultivos de este tipo (Figura 2b), deja de ser importante a partir de los 60 cm de profundidad (Cristobal-Acevedo et al., 2011). Dado que se contaba con datos iniciales y finales (2016 y 2018 respectivamente) de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , se calculó su variación y se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey (Figura 3a), los resultados no son estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos.

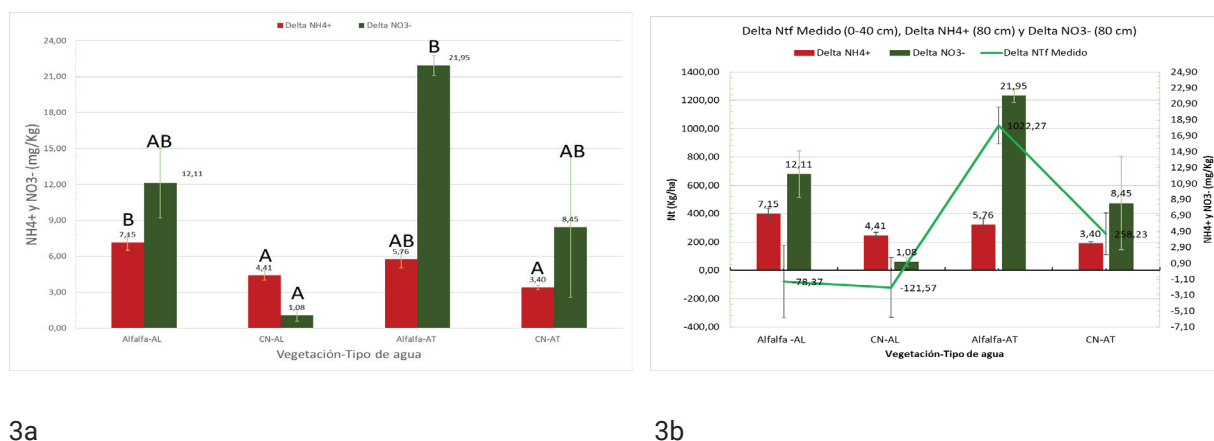


Figura 3a: Variaciones de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  entre final e inicial (60-80 cm) y resultados de Prueba de Tukey (Letras diferentes indican diferencias significativas). 3b: Delta Ntf M (0-40 cm), y variaciones de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  (60-80 cm).

Ante este resultado estadístico, se incorporó a este análisis el contenido de Nt final (0-40 cm) para la combinación de factores Tipo agua\*Vegetación, se encuentra una relación positiva entre la variación de Nitrógeno total y la de Nitrato (60-80 cm) (Figura 3b).

Cabe destacar que los valores absolutos máximos de concentración de nitrato, en ningún caso superan las 45 ppm, y sus promedios no superan los 25 ppm, como tope máximo registrado en el estrato más profundo del perfil analizado (valor máximo 50 ppm –WHO, 2006).

## CONCLUSIONES

Siendo ésta la primera etapa de confección y validación de una ecuación de balance de nitrógeno, los resultados son aceptables. Los resultados obtenidos sugieren, revisar los parámetros considerados nulos, en especial fijación biológica de N y hallar cuáles son los términos de la ecuación de balance por modificar, o cuantificar más precisamente. En el mismo sentido, se recomienda plantear y ajustar el modelo en forma diferenciada para especies fijadoras.

Al evaluar el comportamiento de las diferentes formas de Nitrógeno inorgánico presentes en los perfiles de suelo en diferentes profundidades, se observan aumentos de la concentración de nitrato, asociados al aumento de Nitrógeno total, más relevantes en las parcelas de Alfalfa, sin ser estadísticamente significativamente (según prueba de Tukey).

En el caso de estudio, identificar la relación positiva entre el aumento de la concentración de nitrato en profundidad, y de Nitrógeno total en el suelo (en el estrato de influencia radicular), permitió ajustar los parámetros que requieren un monitoreo más ajustado.

Finalmente, el modelo puede predecir en el corto plazo el enriquecimiento de N en el suelo y diseñar sistemas de monitoreo que permitan minimizar los impactos ambientales negativos de este tipo de práctica.



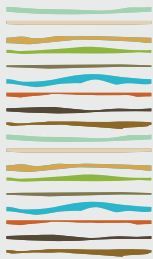
## AGRADECIMIENTOS

A Antonio Cayumán, por su trabajo en el mantenimiento y cuidado del ensayo. Al DPA, en especial Santiago Magnin, el Municipio y la Cooperativa de Agua de Ingeniero Jacobacci y el ENTE de la Región Sur por el apoyo a este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bixio D., C. Thoeve, J. De Koning, D. Joksimovic, D. Savic, T. Wintgens & T. Melin. 2006. Wastewater reuse in Europe. *Desalination* 187 (2006) 89–101
- Cichota R., H. Brown, V.O.Snow, D.M. Wheeler, D. Hedderley, R. Zyskowski & Thomas S. 2010. A nitrogen balance model for environmental accountability in cropping systems. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 38:3, 189-207. DOI: 10.1080/01140671.2010.498401
- Cristóbal-Acevedo D., M. E. Álvarez-Sánchez, E. Hernández-Acosta & R. Améndola-Massiotti. 2011. Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latinoamericana*, vol. 29, núm. 3, pp. 325-332 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Dalal, R. C. 1992. Long-term trends in total nitrogen of a vertisol subjected to zero-tillage, nitrogen application and stubble retention. *Australian Journal of Soil Research*. DOI: 10.1071/SR9920223
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W.Robledo. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Faleschini, M. 2016. Estrategias, dificultades y beneficios en la aplicación del reúso del agua tratada en tres municipios de la Patagonia. IFRH.
- Fernández-Pascual, M., N. de María & M.R. de Felipe 2002. Fijación biológica de nitrógeno: Factores limitantes. *Ciencia y Medio Ambiente – CCMA-CSIC*.
- McNeill, A.M., C. Zhu & I.R.P. Fillery. 1997. Use of in situ <sup>15</sup>N-labelling to estimate the total below-ground nitrogen of pasture legumes in intact soil-plant system. *Australian journal of agricultural research*. DOI:10.1071/A96097-ISSN: 0004-9409
- Miller, P. R., D. E. Buschena, C. A. Jones & Holmes J. A. 2008. Transition from intensive tillage to no-tillage and organic diversified annual cropping systems. *Agronomy Journal*. 100(3). DOI:10.2134/agronj2007.0190
- Stopes, C., E. I. Lord, L. Philipps & Woodward. L. 2002. Nitrate leaching from organic farms and conventional farms following best practice. *Soil Use Manage*. 18: 256-263.
- WHO. 2006. Guías para la calidad de agua potable. Volumen 1: Recomendaciones. Tercera Edición.





## **ECONOMÍA CIRCULAR DEL SILICIO EN EL VIDRIO: USO COMO ENMIENDA DE SUELOS**

Ciarlo, E.A.<sup>1,\*</sup>, F.L. Lagrassa<sup>2</sup>, E.B. Giardina<sup>1,3</sup>, J.F. Fernandez Moreno<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>2</sup> IDAgro Investigación y Desarrollo Agronómico.

<sup>3</sup> Cátedra de Jardinería, FAUBA.

<sup>4</sup> Sociedad Argentina de Economía Circular.

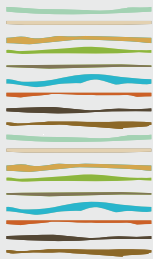
\*[ciarlo@agro.uba.ar](mailto:ciarlo@agro.uba.ar)

### **RESUMEN**

El uso del producto reciclado a base de vidrio como mejorador de suelos e incluso como fertilizante silíceo ha sido propuesto recientemente y está siendo estudiado aquí y en todo el mundo. En Argentina existe un producto de este origen (Nombre comercial Silkong, de la empresa Reciclo) que podría cubrir este nicho a través del fenómeno de Economía Circular, es decir, que el residuo de una actividad pueda convertirse en un nuevo producto con interés comercial. Con esta base, se realizaron una serie de pruebas para evaluar algunas características relacionadas a la performance del producto Silkong como enmienda para suelos o sustrato enriquecido (silicio, calcio y magnesio) para cultivos de interés comercial en contenedores. Las mediciones preliminares se refirieron a la granulometría del material: el tamaño de sus granos, predominantemente arenas medias (500-2000  $\mu\text{m}$ ) podría contribuir a aumentar la aireación de suelos con partículas finas o compactados, comúnmente hallados en cultivos urbanos, campos de recreación y deportivos, e incluso en cultivos intensivos. Los contenidos de metales pesados en el Silkong fueron en su gran mayoría indetectables, sólo se obtuvieron niveles medibles de níquel y magnesio. Se realizaron por ello cálculos de aporte posible de Ni con dosis de hasta 1000 kg/ha de producto, encontrándose que el máximo aporte posible, vía fertilización (7,5 g Ni/ha.año), es mucho menor al máximo admitido anualmente (3000 g Ni/ha.año) de acuerdo a la regulación Argentina para enmiendas orgánicas. El uso de Silkong como enmienda reemplazando al suelo (entre un 15 y un 50% en volumen) en macetas probó no generar fitotoxicidad, incluso mejoró la germinación y crecimiento inicial del raigrás, pero luego ese efecto desapareció, llevando su uso incluso a menores rendimientos de corte. Es muy probable que luego del primer corte, el reemplazo de suelos por Silkong haya limitado la provisión de nutrientes que suelen estar en los suelos, ya que el ensayo no incluyó la aplicación de elementos vía fertilización o abonado. Cuando el producto fue usado como enmienda reemplazando al suelo en proporciones relevantes (40- 50% del volumen de suelo), la aplicación de Silkong aumentó el pH y el porcentaje de sodio intercambiable, pero no tuvo efectos sobre la salinidad de los suelos, por lo que su uso debería ser monitoreado en suelos naturalmente alcalinos. Dentro de las alternativas de uso ensayadas, la aplicación superficial de 1 cm de altura de Silkong, sembrándose las semillas directamente sobre el sustrato, mejoró muy considerablemente el crecimiento del raigrás, probablemente debido a un corte del ascenso capilar y evaporación en suelos finos con alta demanda atmosférica, dado que el ensayo se realizó en el período estival. Finalmente, es probable que por su proceso de generación industrial la enmienda a base de producto reciclado sea un sustrato casi inerte, con una carga de microorganismos muy baja, similar o equiparable a otros ampliamente usados como la perlita. En la actualidad, continúan los ensayos evaluando el uso del producto bajo condiciones variadas de disponibilidad de agua, nutrientes, como soporte de microorganismos y de micronutrientes.

**Palabras clave:** Reciclado, ensayos, fitotoxicidad, raigras





## ADICIÓN DE UN INHIBIDOR AL EFLUENTE LIQUIDO DE TAMBO PARA MITIGAR LA EMISIÓN DE N<sub>2</sub>O

Cosentino V.R.N<sup>1,2\*</sup>, R.I. Romaniuk<sup>1</sup>, N.A. Mortola<sup>1</sup>, E. Otero Estrada<sup>1</sup>, N. Martinek<sup>3</sup>, M. Beltran<sup>1</sup>, A.O. Costantini<sup>1,3</sup>, S. Imohff<sup>4</sup> y M.A. Taboada<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigación de Recursos Naturales, Instituto de Suelos, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

<sup>3</sup> Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Facultad Ciencias Agrarias (UNL), Kreder 2805, Esperanza, (S3080HOF), Argentina.

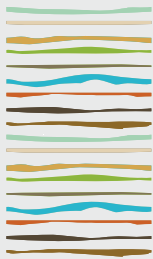
\* cvanina@agro.uba.ar

### RESUMEN

Para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos será necesario aumentar los rendimientos de los cultivos, esto implicará entre otras cosas aumentar el uso de fertilizantes nitrogenados. Una alternativa a los fertilizantes sintéticos tradicionales son las enmiendas orgánicas, como el efluente líquido de tambo (ELT). Sin embargo, si las condiciones del suelo son inadecuadas una parte del nitrógeno (N) aplicado se pierde por volatilización del amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y como óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) un gas de potente efecto invernadero. Las pérdidas de N disminuyen a su vez su disponibilidad para las plantas. Es principalmente por el proceso microbiano de desnitrificación que el N presente en el suelo en forma de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) es convertido en N<sub>2</sub>O y emitido hacia la atmósfera. Los inhibidores de la nitrificación son un grupo de compuestos químicos que suprimen el proceso microbiano de nitrificación (conversión de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) disminuyendo la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo, y por tanto la desnitrificación y potencial pérdida de N<sub>2</sub>O. Disminuir las pérdidas de N<sub>2</sub>O desde los suelos agropecuarios es clave para una producción sostenible. EL objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación conjunta de un inhibidor de la nitrificación (DCD) al ELT previo a la aplicación al suelo como fertilizante. Para ello, se realizó un ensayo a campo dentro del predio del INTA, en el cual se midió la emisión de N<sub>2</sub>O durante 49 días después de la aplicación de los tratamientos ELT, ELT con DCD (DCD) y Control (C, sin agregado de N). La cantidad de N aplicada con el ELT fue de 120kg de N/ha. La emisión de N<sub>2</sub>O acumulada durante los 49 días que duró el ensayo fue 526, 237 y 174 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> desde el suelo con aplicación de ELT, DCD y C respectivamente. Es decir, la emisión de N<sub>2</sub>O del suelo con aplicación de ELT fue más del doble que la emisión de N<sub>2</sub>O con uso del inhibidor (DCD), siendo esta última 1.37 veces mayor que la del suelo C. No se observaron diferencias significativas en la volatilización de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> acumulado. El rendimiento de la pastura fue mayor en el tratamiento DCD, seguido de C y ELT. De acuerdo con nuestros resultados, la aplicación conjunta de ELT con DCD demostró ser una alternativa efectiva para aumentar el rendimiento de una pastura y disminuir la emisión de N<sub>2</sub>O sin aumentar la volatilización de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Es decir que la incorporación de DCD al ELT al momento de su aplicación al suelo podría ser una alternativa válida de manejo de los efluentes tendiente a reducir las pérdidas de N por emisión de N<sub>2</sub>O. Son necesarios más estudios para verificar el efecto en un tiempo mayor y en otras situaciones climáticas.

**Palabras clave:** gases de efecto invernadero, abono orgánico, nitrógeno.





## **EFFECTO DEL RIEGO CON AGUA RESIDUAL TRATADA EN EL PH Y LA ACUMULACIÓN DE SALES**

Cremona, MV.<sup>1,2</sup>, M.C. Riat<sup>2</sup>, V. Velasco<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INTA EEA Bariloche; <sup>2</sup> Universidad Nacional de Río Negro;

<sup>3</sup> INTA AER Jacobacci

\* Modesta Victoria 4450, Bariloche, Río Negro.

[cremona.mv@inta.gob.ar](mailto:cremona.mv@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

El uso de aguas residuales tratadas (ART) en riego agrícola forestal es una alternativa para evitar el vuelco a cuerpos receptores hídricos, que resulta de especial interés en áreas donde la escasez de agua afecta las actividades humanas y la producción bajo riego es dificultosa. En Ing. Jacobacci (Río Negro), funciona una planta depuradora de aguas cloacales (lagunas facultativas) que genera un importante caudal de ART, que está comenzando a utilizarse para riego, e interesa en monitorear los impactos que pueda producir en el ambiente. El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto de la reutilización de ART en el pH y la conductividad del suelo, como indicadores de procesos de salinización, en el mediano plazo, y sus potenciales efectos sobre la productividad vegetal. Desde 2016 se lleva adelante un ensayo en parcelas divididas en el que se comparan los efectos del riego con ART con el riego convencional con agua de perforación (factor principal), en alfalfa y campo natural (terreno sistematizado con vegetación espontánea). Se tomaron muestras simples en cada parcela de 0 a 80 cm y se determinaron el pH y la CE en suspensión (rel 1:2,5). El ANOVA mostró diferencias significativas de pH hasta los 40 cm desde el primer muestreo en los tratamientos regados con ART, efecto que es considerado positivo en los suelos levemente alcalinos y muy pobres de los que se partió, ya que revela el efecto del agregado de materia orgánica, y se supone mejora la disponibilidad de nutrientes. La CE sin embargo se incrementa en algunas profundidades y muestreos en las mismas parcelas, aunque la magnitud del incremento está lejos de representar un riesgo de salinización. El riego con ART modifica las condiciones del suelo y es necesario realizar monitoreos que los cuantifiquen para determinar la vida útil de estos proyectos.

**Palabras clave:** salinización, zona árida, efluentes tratados

### **INTRODUCCIÓN**

El uso de aguas residuales tratadas (ART) en riego agrícola forestal es una alternativa para evitar el vuelco a cuerpos receptores hídricos, que resulta de especial interés en áreas donde la escasez de agua afecta las actividades humanas (Faleschini, 2016).

La zona centro de la Provincia de Río Negro integra los dos tercios de la superficie en la Argentina que presenta balances hídricos negativos la mayor parte del año, esto representa una importante limitación para todo tipo de actividades productivas y en muchos casos hasta se dificulta el abastecimiento de agua para consumo humano.

La localidad de Ing. Jacobacci se localiza en la región centro – sur de la Provincia de Río Negro y se caracteriza por situarse en un ecosistema xérico, con un estado de desertificación medio a grave, siendo su principal actividad económica la ganadería ovina (Godagnone y Bran, 2009). En esta ciudad funciona una planta





depuradora de aguas cloacales mediante lagunas facultativas que genera un caudal de agua residual de aproximadamente 200 m<sup>3</sup>/día proveniente de un barrio que eran volcadas a un mallín en el faldeo norte del predio, un área ambientalmente sensible, considerando la cercanía de la zona urbana.

Para evitar el vuelco a cuerpos receptores agua con alto contenido de nutrientes y aprovechar el recurso en esta región en donde la producción bajo riego es de otro modo muy dificultosa, se están llevando adelante desde el año 2016 ensayos de reutilización de las mismas en la producción de forraje.

Pero el riego con ART, si bien constituye una oportunidad para el recupero de nutrientes y la obtención de un producto agropecuario a partir del mismo, es también un riesgo ambiental que debe ser monitoreado. En la bibliografía se reportan efectos negativos relacionados al incremento de la salinidad y sodicidad que pueden provocar toxicidad específica de algunos iones como el sodio y problemas de infiltración por pérdida de estructura (Pedrero et al, 2010), sobrecarga de nutrientes, que puede afectar a los cultivos, acumularse en el suelo o lixiviarse y afectar fuentes de agua, y acumulación de metales pesados u otros contaminantes orgánicos, aunque estos últimos tienden a precipitar en los tratamientos previos al reuso (Hamilton et al, 2007).

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto de la reutilización de efluentes tratados en el pH y la conductividad del suelo, como indicadores de procesos de salinización, en el mediano plazo, y sus potenciales efectos sobre la productividad vegetal en una zona semiárida. Para ello se lleva adelante un ensayo en el que se comparan los efectos del riego con ART con el riego convencional con agua de perforación, en cultivos forrajeros que puedan ser usados en la zona.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo se instaló en 2016 y se realizó un diseño experimental en parcelas divididas donde el tipo de agua utilizada para riego es el factor principal, mientras que dentro de las parcelas principales se aleatorizaron los tratamientos del tipo de vegetación (alfalfa y campo natural), en parcelas por triplicado de 2 x 3 m. La alfalfa se sembró a fines de febrero, y se comenzó a regar inmediatamente. El tratamiento de campo natural consistió en la remoción de la vegetación natural para la sistematización del terreno, permitiendo la proliferación de la vegetación espontánea.

El riego se realiza por melgas y el agua es conducida por tuberías hasta la cabecera de las mismas. Se riega diariamente, de septiembre a principios de junio, con una lámina de aprox. 10 mm con el objetivo de disponer la mayor cantidad de agua tratada posible, con un sistema automatizado y bajo la supervisión del personal de la planta.

En cada temporada de crecimiento se realizaron tres y cuatro cortes de la vegetación en todas las parcelas, en la zona central de las mismas, en un marco de 0,2 m<sup>2</sup>, secándose el material en estufa a 60°C. Se calculó el rendimiento total como la suma de los cortes y expresando los resultados en kg MS/ha. En cada cosecha se hizo un corte de limpieza de toda la parcela, dejando aprox. 10 cm de altura de vegetación remanente para favorecer el rebrote.

Al inicio del ensayo y al final de cada temporada de crecimiento (mayo/junio) se realizaron muestreos de suelo. Se tomaron muestras individuales por parcela hasta los 80 cm de profundidad a intervalos de 20 cm. En laboratorio se secaron y tamizaron por malla de 2 mm, determinándose sobre cada una de ellas el pH en agua (relación suelo agua 1:2,5) y la conductividad eléctrica de la suspensión. El ensayo prevé el monitoreo de otro conjunto de variables edáficas que no son presentadas en este trabajo.

La caracterización del agua residual tratada y la de perforación se detalla en la Tabla 1 y los suelos en la Tabla 2.



Tabla 1. Datos analíticos del agua residual tratada y de perforación utilizada en el ensayo

	Agua Residual Tratada (**)	Agua de perforación(*)
pH	7,6	8,2
Conductividad (mS/s)	1,6	1,2
DQO (mgO <sub>2</sub> /ml)	358	-
Fósforo total (mgP/l)	7,1	-
Nitrógeno total (mg-N/L)	25	-
Nitratos mg/L	-	7
RAS	5,5	9

\* CFI, 1991. Perforación J11 (41°19'S, 69°31'O) (\*\*) Lab UNC 5/15 y DPA

Tabla 2: Características generales de suelo del ensayo

Prof. en cm	0-20	20-40	40-60
pH agua (1:2,5)	8,33		
Conductividad eléctrica (1:2,5) (dS/m)	0,1		
% Materia orgánica	0,5		
% Nitrógeno total	0,04		
Rel C/N	7		
Fósforo disponible (Olsen) ppm	2,19		
Capacidad de Campo (%Hg)	9,1	9,6	9,6
Punto de Marchitez Permanente (%Hg)	5,6	5,9	6,1

Para el análisis estadístico se realizaron análisis de variancia de los datos con el diseño en parcelas divididas y seleccionando la comparación de interés especificada en cada caso. Se utilizó el programa INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2020)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa la evolución en el tiempo de los parámetros de suelo monitoreados, desde el muestreo inicial en febrero de 2016 y luego de las diferentes temporadas de riego a lo largo de 6 años.

Los valores iniciales de pH son moderadamente alcalinos, típicos de los suelos áridos sobre los cuales se instaló el ensayo. Sin embargo, ya desde la primera fecha de muestreo reportada, en 2018 se observa un descenso significativo del mismo de por lo menos medio punto en los tratamientos regados con agua tratada. Esta tendencia se acentúa y alcanza hasta un punto de descenso en los años siguientes en los primeros 20 cm de profundidad (Figura 1 a). En el horizonte siguiente (20-40 cm) (Figura 1 b) también se verifica la tendencia, con una magnitud algo menor, pero con diferencias estadísticamente significativas a partir de los dos años de riego.



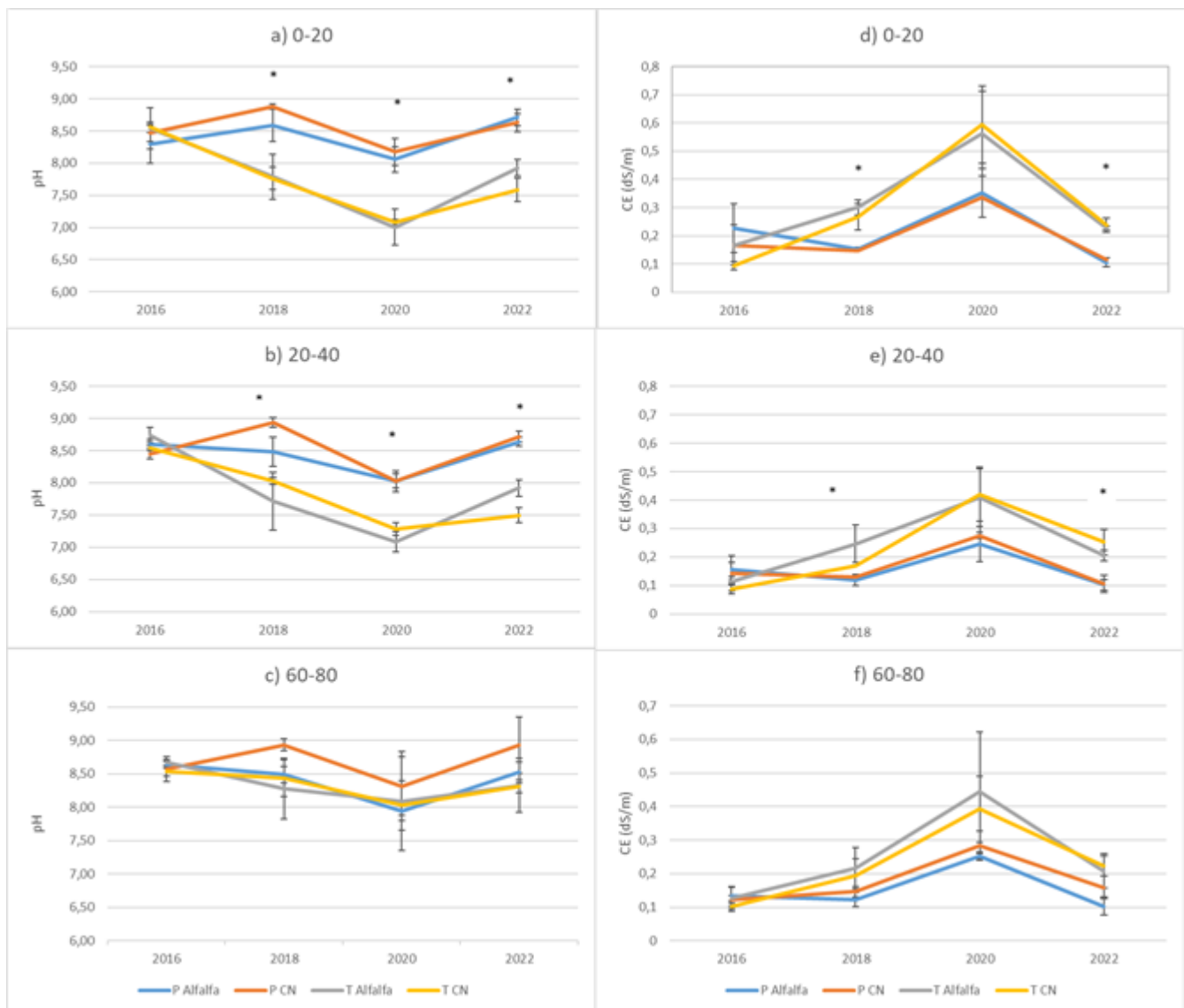


Figura 1: Evolución de la reacción del suelo desde la instalación del ensayo (2016) y cada dos años de riego, para los diferentes tipos de vegetación (alfalfa y campo natural) y tipos de agua utilizados (P de perforación y T agua residual tratada). Los asteriscos indican diferencias significativas entre tipos de agua ( $p < 0,05$ ).

La respuesta del pH al riego con ART es muy variable según el suelo de que se parte (Minz et al, 2011). El agregado de materia orgánica y formas orgánicas e inorgánicas de nitrógeno con el agua, y su degradación en el suelo, pueden desencadenar procesos que generen un aumento de la acidez (Paul, 2016), que se refleja rápidamente en suelos que tienen muy poca capacidad de amortiguación del mismo, como es el caso de los suelos arenosos del presente estudio. El aumento de actividad biológica también puede contribuir a este fenómeno, por el incremento del  $\text{CO}_2$  generado en la respiración microbiana. Ambos procesos son beneficiosos para suelos pobres como los originales del ensayo, mejorando su fertilidad potencial no solo por el aumento en la dotación de nutrientes, producto del aporte de materia orgánica, sino también por la mejora en la disponibilidad de algunos elementos como el fósforo que pueden verse restringidos en condiciones de alcalinidad.

En profundidad no se verifican estos procesos, por lo que no se observan diferencias significativas entre tratamientos.

La conductividad eléctrica en cambio se incrementó significativamente en los tratamientos con agua tratada respecto de los regados con agua de perforación en magnitudes que varían entre 0,1 y 0,2 dS/m, en algunas fechas de muestreo y en los horizontes hasta 40 cm (Figura 1 d y e). En el agua tratada, este aumento de la

CE se podría deber a una combinación de factores: en principio su CE es levemente más alta que el agua de perforación (ver Tabla1), pero por otro lado junto con el agua también se incorporan con la materia orgánica y formas iónicas de nitrógeno que podrían contribuir a este incremento (Lemeillet et al, 2017). Es un parámetro que también resulta mucho más variable, y los desvíos en las mediciones de una misma fecha son mayores, pero también entre fechas ya que en el último muestreo (2020) se observan leves descensos respecto del anterior.

Es importante destacar que la magnitud de estos incrementos no sugiere riesgos en el mediano plazo. A pesar de ello, para planteos de largo plazo en zonas áridas, resultaría conveniente realizar balances de sales que permitan estimar la vida útil de los proyectos de reutilización.

Los rendimientos de la vegetación mostraron resultados variables entre las temporadas, en función de las condiciones climáticas (temperatura y heladas) reinantes en cada una de ellas (Tabla 3). No se observan rendimientos afectados por los efectos negativos observado en el suelo dentro de cada tratamiento, pero sí hay diferencias entre tratamientos, muy notorias a favor de los tratamientos regados con ART. En las primeras temporadas las diferencias entre la alfalfa regada con ambos tipos de agua no son significativas, pero el aporte de nutrientes del ART permite lograr mejores rendimientos en la temporada 2022. En el campo natural la diferencia a favor del ART es siempre significativa.

Tabla 3: Rendimiento de las parcelas forrajeras al final de las temporadas de muestreo. \* el último corte de 2020 es estimado ya que no pudo realizarse debido al ASPO. Las letras indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Agua	Vegetación	2018		2020 *		2022	
Pozo	Alfalfa	46244 ±	1624 a	22012 ±	3616 a	29332 ±	6352 a
	Campo Natural	16766 ±	5274 b	12258 ±	1181 b	11246 ±	4398 b
ART	Alfalfa	50579 ±	7936 a	26387 ±	883 a	35062 ±	10565 b
	Campo Natural	42216 ±	7530 a	14487 ±	525 b	26781 ±	2460 ab

## CONCLUSIONES

Del análisis comparativo entre los tratamientos con agua tratada y agua de perforación, se observan cambios positivos en el suelo en el pH del suelo y levemente negativos en la conductividad eléctrica en el mediano plazo analizado. Sin embargo, la magnitud de los cambios en esta última aun no indican riesgos ambientales en mediano plazo.

Es importante continuar los estudios cuantitativos que permitan ajustar los aportes de nutrientes realizados con el agua a los consumos de los cultivos, de modo de evitar excesos que puedan generar movimientos no deseados a las napas freáticas o cuerpos de agua. Además, a partir de las tendencias observadas en la CE resultaría conveniente realizar balances de sales que permitan estimar la vida útil de los proyectos de reutilización

## AGRADECIMIENTOS:

A Antonio Cayumán, por su trabajo en el mantenimiento y cuidado del ensayo. Al DPA, en especial Santiago Magnin, el Municipio y la Cooperativa de Agua de Ingeniero Jacobacci y el ENTE de la Región Sur por el apoyo a este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

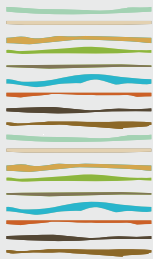
Faleschini, M. 2016. Estrategias, dificultades y beneficios en la aplicación del reuso del agua tratada en tres municipios de la Patagonia. IFRH 2016

Godagnone R.E. y D. Bran eds. 2009. Inventario de los Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro. Actualización. Ediciones INTA



- Hamilton, A, Stagnitti, F, Xiong, X, Kreidl, , Benke, K and Maher, P. 2007. Wastewater irrigation: the state of play. *Vadose zone journal*, vol.6, no. 4, pp. 823-840.
- Minz, D., R. Karyo and Z. Gerstl. 2011. Effect of municipal treated wastewater irrigation on soil microbiology. In: Levy, G, P.Fine and A. Bar-Tal eds. *Treated Wastewater in agriculture*. Willey-Blackwell. 445p.
- Lemeillet, F., Sainato, C., Malleville, H., Carbó, L., Herrero, A. 2017. Electrical conductivity of a soil treated with effluent from Livestock. *Geoacta (Argentina)* Volume 41, Issue 2, Pages 57-73
- Paul, E.A. 2016. The nature and dynamics of soil organic matter: plant inputs, microbial transformations and organic matter stabilization. *Soil Biology and Biochemistry* 98:109-126
- Pedrero F., Kalavrouziotis J., Alarcón, Koukoulakis P., Asano T. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management* 97 (2010) 1233–1241.





## CALIDAD DE AGUA DEL ARROYO EL TALA Y SU RELACIÓN CON FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS, TOPÓGRÁFICOS Y ANTRÓPICOS

De los Santos, C.N.<sup>1\*</sup>, S.N. Fleite<sup>1,2</sup>, A.R. García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía (UBA);

\* Av. San Martín 4453 (1417) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, [delossantos@agro.uba.ar](mailto:delossantos@agro.uba.ar).

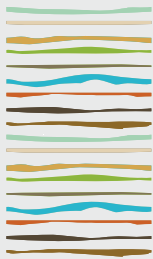
<sup>2</sup> ITAPROQ-DI-CONICET-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

### RESUMEN

En los últimos años, las cuencas de los ríos y arroyos de la provincia de Buenos Aires han sido fuertemente afectadas por las actividades agrícolas y ganaderas, impactando negativamente en la calidad del agua. La cuenca del Arroyo El Tala, no escapa a este escenario. Este trabajo se propone establecer la variación de la calidad del agua del Arroyo El Tala y relacionarla con factores edafoclimáticos, topográficos y antrópicos. Para ello, se elaboró a nivel regional una línea de base de calidad de aguas utilizando datos bibliográficos históricos de parámetros químicos de los arroyos tributarios del río Paraná y Río de La Plata. Esta base de datos se utilizó para evaluar la calidad actual de las aguas de la región (a partir de datos bibliográficos), y el agua del Arroyo El Tala (a partir de la cuantificación de parámetros químicos). Los resultados permitieron clasificar a las aguas de la región como "aguas mixtas" (bicarbonatadas y cloruradas sódicas), donde el catión dominante es el Na<sup>+</sup>, y los aniones son Cl<sup>-</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Los procesos que dan origen a esta composición según Gibbs (1970) son la meteorización del material parental y el proceso de cristalización/evaporación, dependiendo este último de las precipitaciones. Así, las ingresiones marinas, cuyos depósitos aportan Na<sup>+</sup> por disolución directa, y por intercambio iónico en los sedimentos, influyen directamente en la composición de las aguas. La presencia de aguas ricas en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> se ve favorecida por depósitos de origen continental, en tanto que los depósitos marinos dan origen a aguas ricas en Cl<sup>-</sup>. Esto puede relacionarse con diferentes situaciones hídricas, en épocas de altas precipitaciones dominaría la escorrentía superficial aumentando el contenido de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. En cambio, en épocas de sequía dominará el aporte de aguas desde la freática enriqueciendo las aguas en cloruros (meteóricos). Este último comportamiento podría explicar el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que fue mayor a lo esperado en los sistemas prístinos. Los resultados muestran que los principales ingresos se producen por escurrimiento tanto superficial como subsuperficial, siendo esta última más significativa en épocas de sequía. Los datos actuales registran la misma composición salina de las aguas, manteniendo su clasificación de "aguas mixtas", aunque la cantidad de sales disueltas aumentó con respecto al *background*. Al analizar los nutrientes, en el estado actual hay un aumento en N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, dando cuenta de la actividad agrícola y ganadera de la región. Por consiguiente, si la concentración de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> depende de la relación hidráulica freática-curso superficial, tal como se infiere, la fertilización nitrogenada pondría en riesgo de contaminación del agua en época de sequía. En tanto que, en época de lluvias, la entrada de P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> particulado podría alcanzar niveles peligrosos para el estado trófico del sistema.

**Palabras clave:** composición salina, nutrientes, línea de base.





## ENRIQUECIMIENTO EN FOSFATO DE UN SUELO IMPACTADO CON ESTIÉRCOL BOVINO

Ciapparelli, I.C.<sup>1</sup>, C.N. De Los Santos<sup>1,\*</sup>, A.R. García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía (UBA);

\* Av. San Martín 4453 (1417) CABA, Prov. de Buenos Aires, delossantos@agro.uba.ar

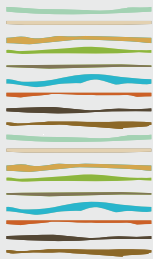
### RESUMEN

El gran volumen de estiércol sólido y líquido generado en los sistemas intensivos de producción animal requiere la gestión de su disposición final para evitar efectos adversos sobre el agroecosistema. Algunas de las prácticas de manejo que se realizan son la conducción de la fracción líquida (efluentes) hacia lagunas de almacenamiento y sedimentación, y la distribución e incorporación de la fracción sólida sobre suelos como abono de cultivos. Sin embargo, como dispositivo constitutivo de la gestión es fundamental contemplar el monitoreo de los resultados que tales prácticas generan en el medio, con el propósito de realizar los ajustes y mejoras necesarios sobre las mismas. Es por esto que se planteó el objetivo de estimar el enriquecimiento en fósforo de un suelo como resultado del efecto de la acumulación de estiércol bovino en ambientes con diferentes potenciales redox; la elección del relevamiento del contenido de fósforo se justifica en que es uno de los compuestos más abundantes en esta matriz orgánica que suele permanecer en los suelos. Por consiguiente, en un establecimiento de engorde intensivo bovino de Buenos Aires se seleccionaron tres sitios: un sistema lagunar de acumulación de efluentes (LAG) (reducido); un lote de distribución de estiércol sólido (SCE) (oxidado); y un sitio control que no recibió estiércol (SCO) (oxidado). En cada uno de ellos se tomaron muestras de suelo por triplicado. En LAG se muestreó un espesor de 0,3 m por debajo de la base no impermeabilizada sintéticamente de las lagunas; éstas se encontraban en desuso, sin efluentes y con un depósito de barros o lodos que fue removido para efectuar el muestreo del suelo subyacente. En SCE se muestreó un espesor de 0,3 m desde la superficie del suelo sobre el cual se había aplicado estiércol como abono. Asimismo, se tomaron muestras en SCO para caracterizar el perfil. En el laboratorio a las muestras de suelo, una vez secadas al aire, molidas y tamizadas con malla de 2 mm, se les extrajo el contenido de fósforo total mediante digestión ácida en húmedo el cual fue cuantificado colorimétricamente a 680 nm por el método azul de molibdeno. Contemplando las superficies de cada sitio, el espesor muestreado y la densidad aparente, los datos permitieron estimar la masa neta de fósforo acumulada en LAG y SCE relativa al SCO. Los resultados indicaron que el suelo acumuló un 841% de fósforo en el sitio reducido LAG y un 728% en el sitio oxidado SCE en relación al SCO. Los resultados están acorde al comportamiento del  $P-PO_4^{3-}$ , quien está más disponible en un medio anaeróbico. Dado que no se han publicado muchos datos al respecto; que el nutriente es un recurso valioso para los cultivos; que en el caso de LAG es una masa de fósforo inaccesible a los cultivos por encontrarse por debajo de las lagunas pero con capacidad de transportarse a las napas y salir del sistema; la estimación de estos datos resulta necesaria para diseñar planes de recuperación del nutriente y evitar el transporte hacia los cuerpos de agua.

**Palabras clave:** fósforo, acumulación, recuperación.







## **CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR UNA FÁBRICA DE COLORANTES EN UNA RESERVA URBANA**

Ferreiro, N.<sup>1,\*</sup> & S. Kravetz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Ecología de Protistas y Hongos (PEPHON), Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES), Universidad Nacional de Luján-CONICET ;

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján;

\* Ruta 5 y Av. Constitución, (6700) Luján, Prov. de Buenos Aires, nicolasferreiro@conicet.gov.ar

### **RESUMEN**

La fábrica ex-Anilinas S.A. funcionó en Pilar (pcia. Bs. As.) entre 1950 y 1995. Esta empresa acumuló en terrenos fiscales que desde 2003 pertenecen a la Reserva Natural Municipal del Pilar. Actualmente, los residuos incluyen escombros, resinas con diferente grado de dureza, bolsas de pasta colorante y lagunas de estabilización que se colmataron y revegetaron espontáneamente. Nuestro objetivo fue estimar la concentración en el suelo de algunos de contaminantes (anilina, colorantes, metales pesados), y asociarlos a variaciones en algunos parámetros físico-químicos (pH, conductividad, N total, P extraíble) y comunidades biológicas (cobertura y biomasa vegetal, densidad de mesoinvertebrados). El muestreo se realizó en marzo de 2022 en zonas cubiertas por bolsas de colorante (B), lagunas de estabilización colmatadas (L) y zonas control sin disturbio evidente (C); 3 réplicas. No se detectaron en los suelos anilina ni los colorantes evaluados: azul anilina, fucsina básica, nigrosina, safranina y verde malaquita (límite de detección = 10 mg/kg). Las concentraciones de metales pesados estuvieron por encima de la norma en sitios con bolsas de colorante y lagunas de estabilización. La concentración de arsénico se encontró dentro de la norma y no difirió significativamente entre los tratamientos. Se observó una tendencia a menor pH y mayor conductividad en los sitios impactados, sin embargo, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas. En cuanto a los nutrientes, el N total fue significativamente mayor en los sitios cubiertos por bolsas de colorantes, pero no hubo diferencias significativas en el P extraíble entre sitios. A casi 30 años del cierre de la empresa, existe una contaminación persistente que consiste en elevadas concentraciones de metales pesados. Las comunidades biológicas estudiadas no difirieron entre los tratamientos, por lo que no servirían como indicadores de la contaminación por metales pesados en los suelos de la Reserva Natural del Pilar.

**Palabras clave:** contaminación industrial, metales pesados, colorantes.

### **INTRODUCCIÓN**

El concepto de antroposuelo engloba a los suelos con capas, horizontes o características fuertemente alteradas por humanos (Dudal, 2004). Recientemente, se propuso el concepto de suelo urbano para englobar a los suelos de áreas urbanas, industriales, caminos, minería y áreas militares ("SUITMA: Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military areas"; Morel et al. 2017). Esta definición incluye a suelos antropogénicos fuertemente disturbados pero también a suelos poco disturbados que se encuentran ubicados dentro de áreas urbanizadas, tales como jardines, plazas, parques, huertas y reservas urbanas. Sin embargo, incluso el suelo urbano menos disturbado presenta algún grado de modificación, como ser la deposición de polvo y contaminantes orgánicos e inorgánicos (Rossiter 2007).

La Reserva Natural Municipal del Pilar se estableció en 2003 como un área manejada conjuntamente por



la Municipalidad de Pilar y la ONG Patrimonio Natural para proteger 297 hectáreas de humedal y pastizal pampeano. En su predio se incluyen varias hectáreas impactadas por la fábrica ex-Anilinas S.A. que funcionara entre los años 1950-1995 y utilizaba terrenos fiscales para el descarte de residuos. En la actualidad, los suelos de la reserva se encuentran sometidos a una diversidad de disturbios en superficie, que incluyen basura sólida urbana, escombros, resinas solidificadas, bolsas de pasta colorante en diferente grado de enterramiento, y lagunas de estabilización de efluentes colmatadas.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la persistencia de contaminantes (anilina, colorantes, metales pesados) en el suelo, asociándolos a variaciones en algunos parámetros físico-químicos del suelo (pH, conductividad, N, P) y variables biológicas (cobertura y biomasa vegetal, densidad de mesoinvertebrados del suelo).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El muestreo se realizó en marzo de 2022 en zonas cubiertas por bolsas de pasta colorante (B), lagunas de estabilización colmatadas (L) y áreas control sin disturbio evidente (C); 3 réplicas. Adicionalmente, se muestrearon dos sitios que fueron limpiados de los residuos en la superficie hace 15 años (R1 y R2) que no se analizaron estadísticamente, pero servirían como referencia sobre la posibilidad de reducir el impacto de Anilinas S.A. en el mediano plazo.

### **Sustrato**

Cada muestra estuvo compuesta por 6 submuestras. Las muestras se secaron al aire y el sustrato se tamizó por malla de 2 mm (para estimar pH, conductividad eléctrica, N total, P extraíble, anilina, colorantes y metales pesados). El N total se estimó mediante el método de semi micro Kjeldahl (Page et al. 1982) y el P extraíble con el método de Bray y Kurtz (1945). La anilina, y los colorantes azul anilina, fucsina básica, nigrosina, safranina y verde malaquita fueron determinados a partir de 1g de suelo extraído en 25 ml de MeOH:H<sub>2</sub>O:NH<sub>4</sub>OH (80:19:1) durante 60 minutos en agitador plano lateral. Se centrifugo durante 3 minutos a 3000 rpm, se filtró e inyectó en el equipo LC MS-MS (cromatógrafo líquido con doble espectrometría de masas), límite de detección = 10 mg/kg. Los metales pesados (As, Cd, Cu, Cr, Pb, Zn) se determinaron a partir de la digestión en microondas con ácido nítrico y analizaron por ICP OES (inductive coupled plasma – optical emission spectroscopy).

### **Comunidad vegetal**

La cobertura vegetal se estimó visualmente a partir de 6 cuadrantes (50x50 cm<sup>2</sup>) ubicados al azar por sitio (Mueller-Dombois & Elleberg 1974). Además, se estimó la biomasa vegetal cosechando 2 cuadrantes (25x25 cm<sup>2</sup>) ubicados al azar por sitio.

Comunidad de invertebrados: Se obtuvieron los invertebrados mediante embudos 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.

### **Análisis estadístico**

Se estudiaron las diferencias entre tratamientos para las variables respuesta (pH, conductividad, N total, P extraíble, anilina, colorantes, metales pesados, densidad de invertebrados, cobertura y biomasa vegetal) mediante análisis de la varianza de un factor (3 niveles = B, L y C). 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, se les aplicó una transformación logarítmica. Los análisis fueron realizados con el programa estadística SPSS 14.0 for Windows.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

No se detectaron en los suelos de la Reserva Natural del Pilar anilina ni los colorantes evaluados: azul anilina, fucsina básica, nigrosina, safranina y verde malaquita (límite de detección = 10 mg/kg).

Los sitios control presentaron concentraciones significativamente menores de Cd, Pb, Cu, Cr y As que los sitios impactados por la ex-Anilinas S.A. Los tratamientos L y B presentaron concentraciones similares de Cd,



Pb, Cu y As, sin embargo, la concentración de Cr fue significativamente mayor en L que en B. Finalmente, no hubo diferencias significativas en la concentración de Zn entre los tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio de las concentraciones de metales pesados (mg/kg) en los suelos de la reserva (desvío estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	As
<b>C</b>	0,5 B (0,01)	22 B (32)	199 B (222)	154 (46)	23 C (3)	4,0 B (0,4)
<b>L</b>	10 A (6)	1333 A (758)	2107 A (1239)	576 (330)	1264 A (725)	28 A (17)
<b>B</b>	6 A (4)	1569 A (2295)	2013 A (2383)	935 (571)	252 B (206)	13 A (5)

Según la tabla de referencia de Kelley, los sitios control del pastizal no impactado mostraron valores de metales pesados dentro del rango normal (Tabla 2). Además, todos los tratamientos presentaron valores dentro de lo esperable de As. Sin embargo, las concentraciones de metales pesados en L y B estuvieron varios órdenes de magnitud por encima de la norma para suelos no contaminados por Cd, Pb, Cu, Zn y Cr.

Tabla 2. Clasificación del suelo por grado de contaminación por metales pesados (mg/kg) según Kelley.

Categoría y grado de contaminación del suelo	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	As
<b>SUELO NO CONTAMINADO</b>	0-1	0-500	0-100	0-250	0-100	0-30
<b>SUELO CON CONTAMINACION LIGERA</b>	1-3	500-1000	100-200	250-500	100-200	30-50
<b>SUELO CONTAMINADO</b>	3-10	1000-2000	200-500	500-1000	200-500	50-100
<b>SUELO CON CONTAMINACION ALTA</b>	10-50	2000-10000	500-2500	1000-5000	500-2500	100-500
<b>SUELO CON CONTAMINACION INUSUALMENTE ALTA</b>	+50	+10000	+2500	+5000	+2500	+500

Ref: ukqaa\steering committee info\environment agency and waste\code of practice & risk assessment \environmental testing and emerging uk and eu legislation. November 2002.

Los suelos enterrados por bolsas de pasta colorante presentaron un contenido de N total significativamente mayor al control y lagunas de sedimentación colmatadas. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en pH, conductividad, fósforo extraíble, cobertura y biomasa vegetal, y densidad de mesoinvertebrados (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de pH, conductividad eléctrica (mS/cm), N total (%), P extraíble (mg/kg), cobertura (%) y biomasa (g/m<sup>2</sup>) vegetal y densidad de mesoinvertebrados (ind/kg) en los suelos de la reserva (desvío estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	pH	CE	Nt	Pe	Cobertura vegetal	Biomasa vegetal	Densidad de invertebrados
<b>C</b>	7,3 (0,2)	127 (19)	0,30 B (0,04)	18 (25)	102 (3)	256 (96)	3 (3)
<b>L</b>	7 (2)	924 (45)	0,34 B (0,04)	16 (8)	71 (62)	117 (106)	17 (29)
<b>B</b>	7 (1)	213 (45)	0,70 A (0,04)	18 (7)	54 (22)	42 (63)	13 (6)



La variabilidad de algunas variables como el pH y la conductividad fue elevada, debido a la presencia de réplicas con valores muy bajos de pH y altos de conductividad. Este fue el caso de L3, una laguna de estabilización colmatada que se inunda con cierta regularidad y carece completamente de vegetación al día de hoy (Tabla 4, Figura 1).

Tabla 4. Valores de pH y conductividad eléctrica (mS/cm) por réplica y tratamientos. Se destacan en negrita los valores inusualmente bajos de pH y altos de CE.

	pH	CE
<b>C1</b>	7,13	131,10
<b>C2</b>	7,52	143,50
<b>C3</b>	7,15	106,60
<b>L1</b>	7,67	140,20
<b>L2</b>	7,71	138,50
<b>L3</b>	<b>4,35</b>	<b>2495,0</b>
<b>B1</b>	<b>5,64</b>	237,50
<b>B2</b>	7,59	239,30
<b>B3</b>	7,15	161,00



Figura 1. Laguna de estabilización colmatada-L1 (A), laguna de estabilización colmatada-L2 (B) y laguna de estabilización parcialmente colmatada-L3 en septiembre de 2021 (C) y marzo de 2022 (D).

Los sitios R1 y R2, donde se removieron los residuos de la superficie hace 15 años, presentaron valores elevados de algunos metales pesados (Tabla 5). Particularmente Cd, Cr y Zn. Sin embargo, los parámetros físico-químicos y biológicos se encontraron en el rango del sitio control (Tabla 6).

**Tabla 5.** Concentraciones de metales pesados (mg/kg) en los dos sitios limpiados hace 15 años. En negrita se destacan los valores por encima de la norma.

	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cr</b>	<b>As</b>
<b>R1</b>	<b>10,7</b>	403	<b>202</b>	<b>1610</b>	32	9,48
<b>R2</b>	0,5	<b>734</b>	<b>314</b>	163	<b>133</b>	4,6

**Tabla 6.** Valores de pH, conductividad eléctrica (mS/cm), N total (%), P extraíble (mg/kg), cobertura (%) y biomasa (g/m<sup>2</sup>) vegetal y densidad de mesoinvertebrados (ind/kg) en los suelos de la reserva (desvío estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>Nt</b>	<b>Pe</b>	<b>Densidad de invertebrados</b>
<b>R1</b>	7,52	188	0,37	12,4	3,7
<b>R2</b>	7,62	157	0,40	7,9	2,9

La Society for Ecological Restoration (SER) contempla la “destrucción del ecosistema” como el nivel más severo de impacto, cuando la degradación o daño arruina el ambiente físico y destruye toda la vida macroscópica. La remoción de suelos, urbanización, erosión costera y minería son las principales responsables de la destrucción de ecosistemas. A su vez, la contaminación de los suelos con metales pesados es particularmente difícil de subsanar debido al acomplejamiento de los metales con las partículas del suelo y a la acumulación que se produce en los organismos del ecosistema. De acuerdo con esto, el disturbio de la ex-Anilinas S.A. puede pensarse como un caso cercano a la destrucción del ecosistema original. Esto fue claramente así en varios sectores donde el suelo se removió completamente para la construcción de lagunas de estabilización. Luego de 30 años de su colmatación y abandono, muchas se encuentran completamente vegetadas pero el ecosistema está lejos de las condiciones físicas originales, que habrían sido las de un suelo desarrollado con concentraciones normales de metales pesados. En cuanto a los sitios donde el suelo ha sido enterrado por bolsas de colorante, si bien es posible remover el disturbio superficial, los niveles elevados de metales pesados persistirían por mucho tiempo, como lo indican los sitios limpiados hace 15 años.

## CONCLUSIONES

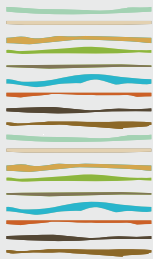
- Estos resultados muestran la persistencia en el largo plazo de la contaminación industrial por metales pesados en suelos urbanos con diverso grado de disturbio.
- La cobertura vegetal y la densidad de mesoinvertebrados no servirían como indicadores de la contaminación por metales pesados en la Reserva Natural del Pilar.
- La remoción de los residuos presentes en la superficie permitiría recuperar algunas propiedades físico-químicas típicas de suelos no impactados, sin embargo, es esperable que las concentraciones de algunos metales pesados permanezcan elevadas durante muchos años.

## BIBLIOGRAFIA

- Bray, RH; LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39–45.
- Dudal, R; FO Nachtergaele & MF Pumell. 2002. The human factor of soil formation. In: Proceedings 17th Congress of Soil Science; 14-21 August 2002; Bangkok. Bangkok: Soil Science; 2002.
- Morel, JL; W Burghardt & K-HL Kim. 2017. The challenges for soils in the urban environment. En: Levin M, Kim KHJ, Morel JL, Burghardt W, Charzynski P, Shaw RK, editors. Soils within Cities: Global approaches to their sustainable management - Composition, properties, and functions of soils of the urban environment. Stuttgart: Catena Soil Science; 2017. p. 1-6.
- Page, AL; RH Miller & DR Keeney. 1982. Methods of soil analysis, Part 2, 2nd edn. Agron. Monogr. No. 9, ASA, SSSA, Madison.
- Rossiter, DG. Classification of urban and industrial soils in the world reference base for soil resources. J Soils Sediments. 2007;7:96-100. <https://doi.org/10.1065/jss2007.02.208>







## **CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS VERDES URBANOS DE NEUQUÉN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL**

Guasco, R.A.<sup>1\*</sup>, M. Gonzalez-Polo<sup>2</sup>, M.P. Crego<sup>3</sup>, P. Satti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dirección de Agricultura Urbana, Municipalidad de Neuquén;

<sup>2</sup> INIBIOMA, CONICET-UNCO

<sup>3</sup> Universidad Nacional del Comahue, CRUB.

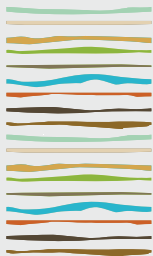
\*guascoalfonso@gmail.com

### **RESUMEN**

En Neuquén y la región, la problemática ligada al crecimiento poblacional y el consecuente aumento en la generación de residuos, no escapa a la realidad global. Los bajos niveles de materia orgánica de los suelos y las condiciones de aridez hacen poner el foco en las grandes cantidades de residuos orgánicos que son desaprovechados. El objetivo general del trabajo es proporcionar una base de conocimientos para el aprovechamiento de los residuos verdes de la ciudad, a partir de la evaluación de su co-compostaje junto a sub-productos de procesos productivos para su utilización como enmienda orgánica. Se evaluaron tres mezclas en pilas con volteo manual, utilizando el Chip de poda como principal componente y material estructurante: Chip+Bagazo de malta (C+B), Chip+Césped (C+C) y Chip+Guano de ponedoras (C+G). Se evaluó la dinámica del proceso, parámetros de estabilidad y madurez, y calidad del producto final. Las características de los materiales iniciales se reflejaron en las mezclas, observándose valores de pH iniciales ácidos (en C+B y C+C) y alcalinos (C+G), con contenidos de materia orgánica iniciales similares. Todos los tratamientos alcanzaron la etapa termofílica con valores cercanos a los 60°C entre el segundo y tercer día de iniciado el proceso, con duraciones de dos semanas (C+C) a 100 días (C+B y C+G). Los cambios de pH fueron más notables en los primeros muestreos, considerando la alcalinización producto de la amonificación de los compuestos nitrogenados, acompañado de la liberación de amoníaco al ambiente (favorecido en tratamientos con bajo C/N). Las pérdidas de C y N fueron más notables cuando se calcularon considerando la mineralización de la materia orgánica. La relación C/N disminuyó en todos los tratamientos a valores <20. Se observó que las tres mezclas alcanzaron la estabilidad y madurez entre las 43 y 48 semanas de proceso, considerando para el primer caso los indicadores de actividad biológica por respiración (<120 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) y el agotamiento del carbono soluble en agua (CSA <10 mg kg<sup>-1</sup>), y en el caso de madurez, el contenido de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (<400 mg kg<sup>-1</sup>) e índice de germinación (IG>60%). Los parámetros de calidad para su utilización como enmiendas orgánicas o fertilizantes, muestran la aptitud de los compost obtenidos con características físico químicas adecuadas, y niveles de nutrientes que deberán considerarse de acuerdo a su uso específico. En el compost C+B se observaron buenos niveles de NT, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, y P, mientras que el C+C contiene valores más elevados de NT, Ca, y K. Para el compost de C+G de ponedoras se deberán tener en cuenta los valores de pH (9,2) y CE (3,1 dS m<sup>-1</sup>), y considerar su mezcla con otros componentes. Se recomiendan las mezclas Chip+Bagazo o Chip+Césped, ya que poseen un contenido adecuado de nutrientes, y al mismo tiempo, considerando las variables químicas evaluadas (COT, pH, CE), no generarían ningún impacto negativo en las propiedades del suelo.

**Palabras clave:** chip de poda, bagazo de malta, guano de ponedoras, césped verde.





## **IMPLEMENTACIÓN DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA MONITOREAR SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS**

Guerra, M.<sup>1,\*</sup>, M. Wagner<sup>1,2</sup>, D. Ortiz<sup>3</sup>, A. Bartel<sup>1</sup>, F. Cora Jofré<sup>1,2</sup>, J.M. Camiña<sup>1,2</sup>, S.M. Azcarate<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa,

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de la Pampa - CONICET,

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,

\* Ruta 35, Km 334, CC 300, Santa Rosa, La Pampa, Argentina, 6300, [melaguerra1994@gmail.com](mailto:melaguerra1994@gmail.com)

### **RESUMEN**

Para analizar la contaminación del suelo con petróleo se determina la concentración de HTP (hidrocarburos totales de petróleo) a través de métodos convencionales de laboratorio que implican su extracción con disolventes orgánicos, consumen mucho tiempo, y además son costosos. Ante la necesidad de contar con métodos alternativos rápidos y confiables, se planteó como objetivo evaluar la espectroscopía infrarroja (IR) en la detección de HTP en suelos. Para ello primeramente se impregnaron suelos con HTP, se determinó su concentración mediante el método gravimétrico estándar y se escanearon las muestras con un espectrofotómetro de infrarrojo cercano. Se desarrollaron y aplicaron metodologías analíticas basadas en la combinación de medidas espectroscópicas de infrarrojo cercano por reflectancia difusa con métodos quimiométricos de análisis multivariado, para la detección y cuantificación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados. De esta manera la lectura de los espectros en un rango de 400 a 2550 nm, permitió realizar la calibración correspondiente. Los resultados obtenidos demuestran el potencial que tiene la técnica NIR en la detección y cuantificación de HTP en suelos.

**Palabras clave:** NIRS, SUELOS, HIDROCARBUROS.

### **INTRODUCCIÓN**

Los hidrocarburos totales de petróleo (HTP) están constituidos por una mezcla compleja de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, derivados del petróleo crudo. Los componentes menos volátiles de los hidrocarburos del petróleo pueden convertirse en contaminantes ambientales en el caso de fugas lentas de los tanques de almacenamiento o como resultado de una fuga rápida debido a un accidente. Una vez que el hidrocarburo se descarga al ambiente, sufre procesos físicos, químicos y biológicos; que alteran su composición, toxicidad, disponibilidad y distribución (Wartini et al., 2017).

Las jurisdicciones gubernamentales establecen estándares de calidad para HTP en suelo, por encima de los cuales se requiere investigación adicional, evaluación de riesgos o remediación. En La Pampa, la mayoría de los análisis de HTP en suelos se realizan mediante el método gravimétrico estándar. Aunque este método es el estándar, es costoso, y requiere mucho tiempo. Una medición expeditiva de hidrocarburos de petróleo en el suelo permitiría una mejor y rápida caracterización del sitio y una mayor confianza en la priorización de acciones de remediación.

En la actualidad existe mayor investigación para desarrollar métodos simples, rápidos y de bajo costo relativo que permiten la medición de HTP en suelos contaminados y complementan los métodos convencionales. Entre estos métodos innovadores se encuentran las técnicas basadas en la espectroscopía vibracional, que





incluyen la espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier y la espectroscopía visible y de infrarrojo cercano (Douglas et al., 2018(a)).

La espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR, por su sigla en inglés) es un método espectrofotométrico que se basa en las interacciones de radiación de infrarrojo cercano con la muestra. Se basa en la absorción de radiación electromagnética de longitudes de onda en el rango de 780-2500 nm. La absorción de radiación infrarroja depende del cambio neto en el momento dipolar de la molécula como consecuencia de su movimiento vibracional. Cuando las vibraciones son acompañadas por un cambio en el momento dipolar y cuando la frecuencia de las vibraciones iguala la frecuencia de radiación infrarroja sucede una transferencia de energía neta desde la fuente de radiación a la molécula. Esto resulta en un cambio en la amplitud de la vibración molecular. Esto es, la vibración absorbe la radiación infrarroja y la molécula es excitada a niveles energéticos superiores. Esta transmisión de energía puede ser medida como una relación de energía (reflectancia, absorción o transmitancia), contra la longitud de onda (Lovatti et al., 2019).

La espectroscopía NIR permite desarrollar nuevas metodologías que simplifican enormemente los protocolos de análisis, obteniendo resultados exactos, precisos y comparables a los conseguidos por métodos habituales (Douglas et al., 2018(b)). Las características de la técnica permiten analizar todo tipo de muestras con un mínimo o nulo pretratamiento, agilizando considerablemente el tiempo de análisis, y volviendo al método más robusto al reducir el número de etapas previas a la medida analítica. Por lo tanto, la exploración de muestras con espectrómetros infrarrojos resulta muy rápida, no requiere productos químicos, es no destructiva y facilita la posibilidad de inferir varias propiedades de suelo al mismo tiempo.

En este contexto el objetivo de este trabajo fue desarrollar y aplicar metodologías analíticas basadas en la combinación de medidas espectroscópicas de infrarrojo cercano por reflectancia difusa con métodos cuantitativos de análisis multivariado para detectar y cuantificar hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Suelos contaminados en laboratorio**

Las muestras de suelo empleadas se obtuvieron de la zona de 25 de Mayo (39°59'20.62" S; 67°49'34.86" O), La Pampa; donde se desarrolla la actividad hidrocarburífera de la provincia. Asimismo, se empleó para la obtención de los suelos contaminados un contaminante orgánico en 9 niveles de concentración (0 ppm, 2500 ppm, 5000 ppm, 7500 ppm, 10000 ppm, 15000 ppm, 20000 ppm, 25000 ppm, 30000 ppm) en tres réplicas. El suelo de textura areno franca contenía 75.7 % de arena (20–2000  $\mu\text{m}$ ), 17.1 % de limo (2–20  $\mu\text{m}$ ) y 7.2 % de arcilla (menor a 2 $\mu\text{m}$ ) en masa. Las muestras de suelo se secaron primero al aire durante 3 días, luego se molieron y se tamizaron para pasar a través de un tamiz de 2 mm. El contenido de humedad de las muestras se determinó secando el suelo a 105 °C durante 16 h en estufa. A partir del análisis del contenido de humedad, se determinó el peso seco del suelo. A continuación, se colocó un equivalente de 25 gr de suelo secado en estufa en las placas de Petri designadas.

Se mezclaron las alícuotas correspondientes de HTP con 10 ml de hexano para obtener suelos con una concentración de HTP que oscilaba entre 0, 2500, 5000, 7500, 10000, 15000, 20000, 25000 y 30000 ppm. Se usó hexano como solvente para asegurar una distribución uniforme de los hidrocarburos de petróleo en todas las muestras. El experimento se llevó a cabo a una temperatura ambiente de ~25 °C.

### **Adquisición de espectros NIR**

Los espectros de las muestras de suelo se obtuvieron empleando un espectrofotómetro FOSS NIRSystems DS 2500 en modo reflectancia, para obtener el espectro de absorción de energía visible e infrarroja cercana cada 0,5 nm de cada muestra, por triplicado, lo que demandó unos 5 minutos por muestra. Este equipo está disponible en el laboratorio de Forrajes del INTA, con un rango espectral de 400 a 2500 nm. Para relacionar los espectros NIR con la composición de las muestras de suelo se desarrollaron calibraciones para cada parámetro mediante el software PLS\_Toolbox que trabaja en entorno MATLAB.

Una vez obtenidos los espectros NIR de las muestras de suelo, fue necesario aplicar un pretratamiento es-



pectral para aumentar la relación señal/ruido y por ende acrecentar la señal del analito de interés. Así, los espectros originales se sometieron a un preprocesamiento, que incluyó SNV (standard normal variate) y la primera derivada, que fueron la combinación óptima para cumplir simultáneamente con el objetivo.

### Construcción de modelos de calibración

Los espectros preprocesados de las muestras de suelos preparadas en el laboratorio y las concentraciones de HTP, se utilizaron para desarrollar modelos de calibración. Para esto, el conjunto de datos se dividió aleatoriamente en conjuntos de calibración y validación usando el algoritmo Kennard-Stone. El modelo de calibración se obtuvo aplicando un análisis de regresión por cuadrados mínimos parciales (PLSR – partial least square regression) sobre el conjunto de calibración y se validó internamente mediante validación cruzada (Leave-one-out cross validation). La validación externa se realizó con la predicción de la concentración de HTP de las muestras del conjunto de validación.

### Software

El modelado de datos y los análisis quimiométricos se realizaron utilizando PLS\_Toolbox 7.9.5 (Eigenvector Research Inc., Wenatchee, WA) e implementando algunas rutinas desarrolladas en el laboratorio en entorno Matlab v.8.5.0 (The Mathworks Inc., Natick, MA).

### Validación de la metodología analítica desarrollada

La determinación de los HTP en las muestras se realizó empleando el Método EPA 9071B, de extracción por Soxhlet. En dicha extracción, los HTP se obtuvieron a una velocidad de 20 ciclos  $h^{-1}$  durante 4 horas utilizando n-hexano como solvente de extracción. Para la determinación gravimétrica el disolvente se recuperó por rotoevaporación. El residuo se enfrió en desecador hasta peso constante y se pesó. Simultáneamente las muestras también fueron procesadas y analizadas mediante la aplicación de espectroscopía NIR, con el objetivo de su comparación y así establecer una correlación entre los resultados de ambos métodos (EPA 9071B y NIRS). Para ello se aplicó un test t de datos emparejados, con un nivel de significancia del 95%, entre los resultados del método de referencia y los proporcionados por los modelos NIR.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La observación visual de los suelos impregnados con HTP permitió observar a simple vista una diferenciación en la coloración de los suelos, donde a mayor concentración de HTP el color marrón se hace más intenso, tal como puede observarse en la figura 1.

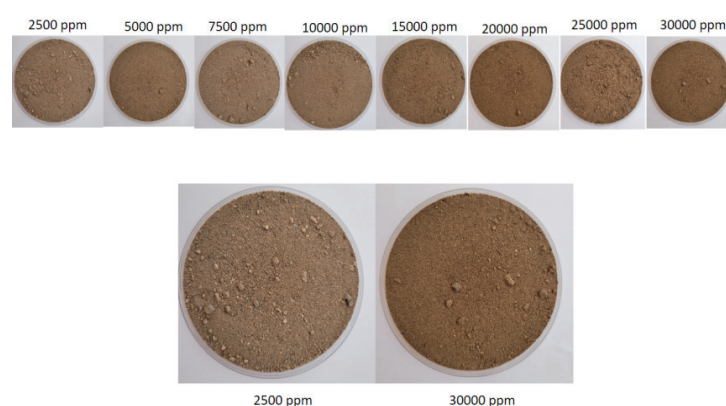


Figura 1. Suelos impregnados con HTP en distintos niveles

En la figura 2 se muestran los espectros NIR de las muestras utilizadas en este estudio. Se puede observar que el perfil de las muestras impregnadas es similar, sin embargo, se observa un desplazamiento de la línea base al incrementarse la concentración de HTP. Basados en la bibliografía, en los espectros NIR, el efecto del hidrocarburo se puede observar en la región combinada alrededor de 2220 nm y 2460 nm, así como la

primera región armónica alrededor de 1645 nm y 1752 nm, que se atribuye al estiramiento C-H de ArCH y al estiramiento C-H del grupo CH<sub>2</sub> saturado.

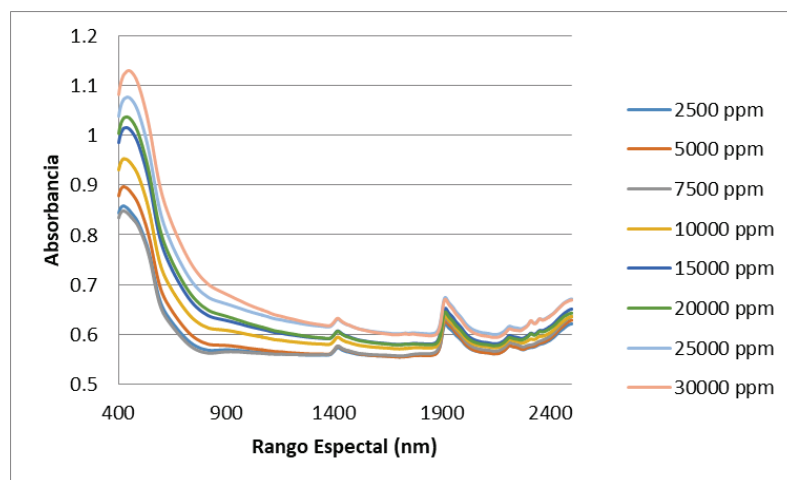


Figura 2. Espectros NIR de las muestras de suelos impregnados con diferentes concentraciones de HTP.

### Calibración y validación del modelo

A partir del conjunto de muestras contaminadas con HTP se desarrolló un modelo de calibración aplicando una PLSR. El conjunto de muestras (27 muestras) se dividió aleatoriamente en un conjunto de calibración (CC - 18 muestras) y un conjunto de validación (CV - 9 muestras) y se empleó para el análisis las medidas triplicadas. PLSR se aplicó al CC obteniendo a partir de 5 variables latentes un modelo con un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0,943$  y un error cuadrático medio de la calibración de  $RMSEC = 714$ , que se condicen con los valores obtenidos en la validación cruzada ( $R^2=0,994$  y  $RMSCV=806$ ), indicando un excelente ajuste del modelo (figura 3).

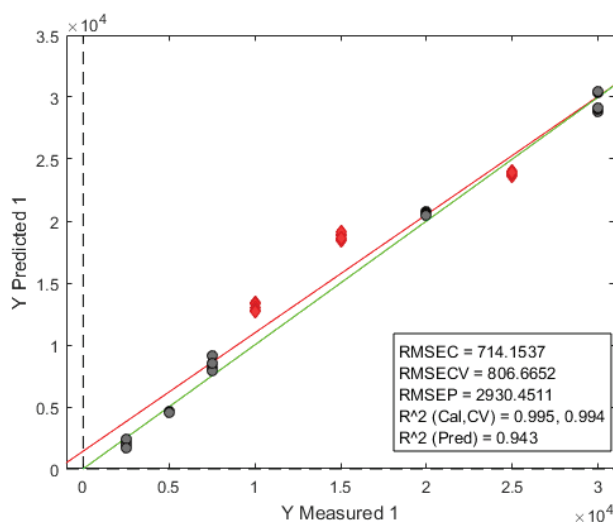


Figura 3. Concentraciones predichas en función de los valores nominales de HTP en ppm.

Una vez calibrado el modelo, se realizó la validación del mismo a través de la predicción de la concentración del analito (concentración de HTP, en este caso) en las muestras del CV. En la Tabla 1 se comparan el valor estándar (nominal) y el valor estimado calculado por el modelo (predicho). Así, el modelo fue capaz de predecir muestras con un error menor a 10%.



Tabla 1. Concentraciones nominales y predichas por el modelo del conjunto de predicción.

Muestra	Concentración Nominal (ppm)	Concentración Predicha (ppm)
1	17700	16804(464)
2	26300	27373(245)
3	12800	11971(1032)

### Aplicación a muestras reales

Se seleccionaron 7 muestras de suelo superficial contaminado de la zona de 25 de Mayo (La Pampa), para realizar la aplicación analítica de los modelos obtenidos. Los espectros de las muestras reales se observan en la figura 4 y los resultados obtenidos mediante ambas metodologías se resumen en la figura 5. Puede observarse claramente un perfil similar en las muestras impregnadas y las muestras reales, donde nuevamente un desplazamiento en el eje vertical se observa al aumentar la concentración de HTPs. Asimismo, las concentraciones obtenidas a partir de las mediciones de los espectros NIR no presentaron diferencias significativas con aquellas obtenidas a partir de la extracción.

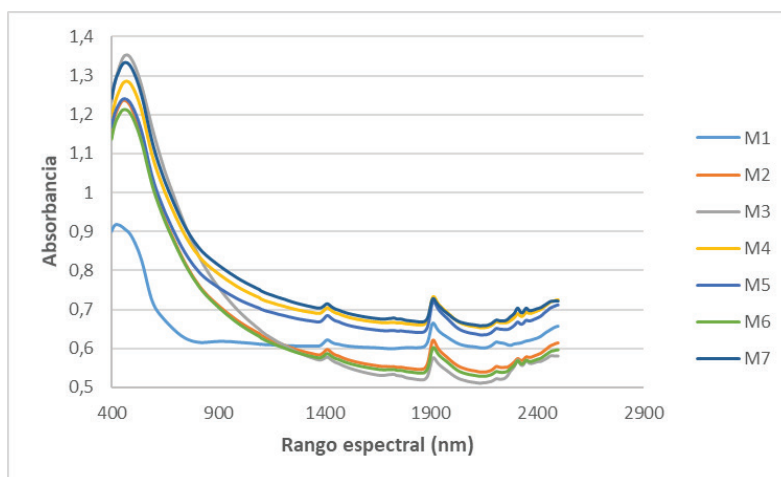


Figura 4. Espectros NIR de las muestras reales.

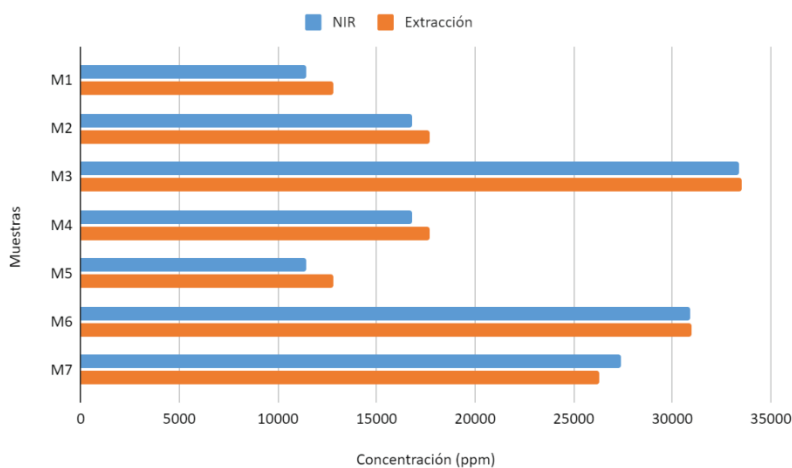


Figura 5. Contenido de HTP en muestras de suelo superficial.



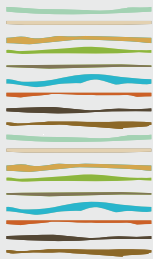
## CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló y validó una metodología analítica sensible, robusta y sostenible para la determinación de hidrocarburos, a través de una técnica analítica, como es la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS).

## BIBLIOGRAFÍA

- Douglas, RK; S Nawar; MC Alamar; Mouazen AM. & F Coulon. 2018(a). Rapid prediction of total petroleum hydrocarbons concentration in contaminated soil using vis-NIR spectroscopy and regression techniques. *Sci. Total Environ.* 616:147–155.
- Douglas, RK; S Nawar; S Cipullo; MC Alamar; F Coulon & Mouazen AM. 2018(b). Evaluation of vis-NIR reflectance spectroscopy sensitivity to weathering for enhanced assessment of oil contaminated soils. *Sci. Total Environ.* 626:1108-1120.
- Lovatti, BOP; SRC Silva; NA Portela; CMS Sad; KP Rainha; JTC Rocha; W Romão; EVR Castro & Filgueiras PR. 2019. Identification of petroleum profiles by infrared spectroscopy and chemometrics. *Fuel* 254:115670.
- Wartini, NG; PM Brendan & M Budiman. 2017. Rapid assessment of petroleum-contaminated soils with infrared spectroscopy. *Geoderma* 289:150–160.





## DETECCIÓN DE GENES DE RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS Y BACTERIAS RESISTENTES EN COMPOST DE CAMA DE POLLO Y EN SUELOS ABONADOS

Hernández Guijarro, K.<sup>1\*</sup>, P. F. Rizzo<sup>2</sup>, D. J. Perez<sup>1</sup>, E. Okada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IPADS Balcarce (INTA-CONICET);

<sup>2</sup> INTA EEA Mendoza

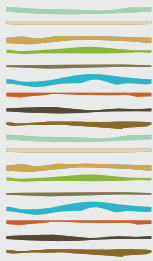
\* INTA EEA Balcarce Ruta 226, Km 73,5 (7620) Balcarce, Prov. de Bs. As., hernandez.keren@inta.gob.ar

### RESUMEN

Los residuos pecuarios son ampliamente utilizados como enmiendas orgánicas en la agricultura. Su aplicación sin tratamiento previo aumenta el riesgo de introducir al suelo diversos contaminantes de preocupación emergente como antibióticos, bacterias resistentes a antibióticos (BRA) y genes de resistencia a antibióticos (GRA). En Argentina, no existen estudios sobre la ocurrencia de GRA en enmiendas de cama de pollo y en suelos abonados. Los objetivos de este trabajo fueron analizar la presencia de: 1) BRA y GRA en cama de pollo sin compostar (CP) y compost de cama de pollo y 2) GRA en un suelo abonado con CP y diferentes compost. Para ello se compostó CP mediante los siguientes métodos: CAP<sub>19</sub> = compostaje pasivo, sin aireación (C:N=19); CAM<sub>19</sub> = compostaje con aireación (C:N=19); CAM<sub>30</sub> = compostaje con aireación y agregado de C (C:N=30). Se realizó un experimento a campo en un lote productivo hortícola que no había recibido CP en los últimos 12 meses. Los tratamientos se realizaron por triplicado y fueron: T1 sin aplicación de enmienda ni de CP; T2, T3 y T4 abonados con los compost CAM<sub>30</sub>, CAM<sub>19</sub> y CAP<sub>19</sub>, respectivamente, y T5 abonado con la CP. Se tomaron muestras de suelo (0-20 cm) el día 39 posterior a la aplicación. A partir de CP, CAP<sub>19</sub>, CAM<sub>19</sub> y CAM<sub>30</sub> se realizaron aislamientos de bacterias resistentes a amoxicilina, seleccionando aquellas colonias con morfología, color y opacidad diferentes. Posteriormente, se realizó la extracción del ADN a partir de las cepas aisladas y de las muestras de CP, compost y suelo. Los ADN se usaron como templado para amplificar por PCR los siguientes GRA: *tetM* (tetraciclina), *ermB* (eritromicina) y *sul1* (sulfonamida). Se incluyeron controles positivos de amplificación. Los resultados mostraron la presencia de BRA, portadoras de los genes de resistencia analizados, tanto en la CP como en los compost. Se aislaron 20 cepas resistentes a amoxicilina [CP (n=8); CAP<sub>19</sub> (n=5); CAM<sub>19</sub> (n=3); CAM<sub>30</sub> (n=4)] de las cuales, el 60% contenía al menos un GRA estudiado. No obstante, la detección de los GRA a partir del ADN total fue positiva solo en la CP y negativa en los compost para todos los genes. En campo, se detectaron los tres GRAs en el suelo de todos los tratamientos, incluso en T1, lo que indicaría que los genes de resistencia están presentes en el suelo con historial de uso de CP. Es necesario continuar estudiando el impacto de las prácticas de aplicación de CP como abono sobre la incidencia de BRA y GRA para minimizar el riesgo de contaminación ambiental.

**Palabras clave:** residuo animal, enmienda, resistencia a antibióticos





## **ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN EN LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS A SUELOS FORESTALES: EMISIÓN DE ÓXIDO NITROSO**

Kucher, H.<sup>1,2\*</sup>, V. Cosentino<sup>3,4</sup>, A. Lupi<sup>3</sup>, A. Costantini<sup>1,3</sup>, P. Rizo<sup>3</sup>, E. Otero Estrada<sup>3</sup>, P. Patahuer<sup>3</sup>, T. Cerrillo<sup>3</sup>, L. Venturelli<sup>3</sup>, A. Muñoz Cabrera<sup>1</sup>, J. Diehl<sup>1</sup>, A. Amado Torres<sup>1</sup>, R. Romaniuk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina;

<sup>2</sup>Centro de Innovación, Agua y Saneamientos Argentinos, Argentina;

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina;

<sup>4</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

\*Av. San Martín 4453 (1417), CABA, [hkucher@agro.uba.ar](mailto:hkucher@agro.uba.ar)

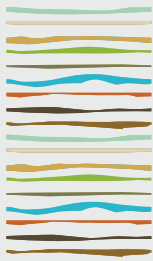
### **RESUMEN**

Como subproducto del tratamiento de los efluentes cloacales se generan biosólidos. Mundialmente preocupan cada vez más su creciente producción y los impactos derivados de su uso. Su incorporación en suelos es una de las alternativas mayoritarias, dado que su alto contenido de materia orgánica y nutrientes pueden mejorar propiedades de los suelos. La reducción de la elevada emisión asociada de óxido nitroso ( $N_2O$ ), un gas de efecto invernadero con gran potencial de calentamiento global, es un desafío aún no resuelto. El compostaje y la co-aplicación de biosólidos con zeolitas podrían mitigar la emisión de  $N_2O$  al favorecer una liberación gradual del nitrógeno presente en los biosólidos. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la emisión de  $N_2O$  proveniente de la aplicación de biosólidos solos, compostados y acondicionados con zeolitas sobre un suelo forestal. Se desarrolló un experimento con biosólidos provenientes de una planta depuradora del conurbano bonaerense sobre un suelo Argiudol vértico de Hurlingham, Buenos Aires, Argentina. Se aplicaron en surcos de 20 cm de profundidad entre hileras de una plantación recientemente establecidas de *Salix sp*, los biosólidos como salen de la planta ( $8,3\text{tnMS ha}^{-1}$ ), co-aplicados con zeolitas al 20% ( $8,7\text{tnMS ha}^{-1}$ ) y compostados aeróbicamente ( $14,5\text{MS ha}^{-1}$ ). También se consideró un tratamiento control que no tuvo incorporación de enmiendas. El diseño fue en bloques completos aleatorizados, con tres bloques y unidades experimentales de 42 árboles. Las dosis de cada tratamiento estuvieron limitadas por el contenido de nitrógeno en base al requerimiento del cultivo y el nivel de estabilización de las enmiendas utilizadas, según la Resolución 410/18 del MAyDS. Para la toma de muestras de  $N_2O$  se utilizó el método de la cámara estática cerrada. Se realizaron 16 muestreos en los primeros 34 días posteriores a la aplicación de los tratamientos. Se analizaron los resultados mediante análisis de la varianza y comparación de medias (Tukey,  $\alpha=0,05$ ). Con los valores obtenidos se estimó la emisión acumulada de cada tratamiento en el período de análisis en  $\text{gN-N}_2\text{O ha}^{-1}$  (MediaEE): 40,519,4 el control; 83,26,9 el compost de biosólidos, 7877,61335,9 los biosólidos con zeolitas, y 9004,23133,63 los biosólidos. Los tratamientos con biosólidos y biosólidos con zeolitas no se diferenciaron entre sí y fueron significativamente mayores que el control y el compost de biosólidos, que tampoco se diferenciaron estadísticamente entre sí. Según se observó, de los métodos de estabilización utilizados el compostaje de biosólidos mostró ser más efectivo para mitigar la emisión de  $N_2O$  desde el suelo en el período de estudio, probablemente por contribuir a reducir la disponibilidad de nitrógeno para los microorganismos. Se prevé realizar un análisis de correlación con variables explicativas de las emisiones y un estudio de la diversidad microbiana del suelo en cada tratamiento, que permitirán comprender con mayor detalle estos resultados. Asimismo, se continuarán monitoreando las emisiones de  $N_2O$  durante todo un año, para evaluar si las observaciones se mantienen en el tiempo.

**Palabras clave:** Gases de efecto invernadero, enmiendas orgánicas, silvicultura.







## EFECTO DEL CULTIVO DE COBERTURA SOBRE EL BALANCE DE GEI

Lewczuk, N.<sup>1\*</sup>, C. Alfonso<sup>2</sup>, P. Barbieri<sup>1,2</sup>, L. Echarte<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible, INTA Balcarce/Conicet, Buenos Aires, Argentina;

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina. \*lewczuk.nuria@inta.gob.ar

### RESUMEN

La actividad agrícola, ha demostrado ser uno de los factores principales que llevan al incremento en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). En este trabajo se evaluó el efecto de un cultivo de cobertura (cereal) previo al cultivo de cosecha (soja) sobre el balance de GEI. Sobre un sistema de siembra directa se aplicaron dos niveles de cobertura del suelo con 3 repeticiones: sin cultivo cobertura (sc) y con cultivo cobertura, (cc, *Triticum aestivum*) previo al cultivo de cosecha, soja (*Glycine max* L.). Las mediciones de GEI se realizaron semanalmente/ quincenalmente mediante cámaras estáticas ventiladas. Se pudo determinar que la incorporación del cc aumentó un 21% el rendimiento de soja. Las emisiones acumuladas de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) por rendimiento de grano en el tratamiento con cc mostraron una reducción del 36 % (p<0.05) con respecto al tratamiento sc. Estos resultados demuestran que la incorporación de trigo como cobertura del suelo en el periodo invernal, es una estrategia eficaz que permite incrementar los rendimientos a la vez de reducir las emisiones de GEI.

**Palabras clave:** cultivos de cobertura, trigo, balance GEI

### INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola, a través del uso de fertilizantes sintéticos, remoción de residuos, riego, cambio en el uso del suelo, etc. ha demostrado ser uno de los factores principales que llevan al incremento en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC 2007). El CO<sub>2</sub> es producido en el suelo por respiración microbiana y radicular (Dobbie & Smith, 2003). El intercambio de CO<sub>2</sub> entre la atmósfera y el suelo agrícola se encuentra en un delicado equilibrio. El desbalance en las concentraciones de C es generado por otras fuentes de CO<sub>2</sub>, combustión para la obtención de gas, extracción de carbón, petróleo, etc. En cambio, suelos agrícolas son la mayor fuente de N<sub>2</sub>O (60% de las emisiones antropogénicas) y pueden ser sumideros importantes de CH<sub>4</sub> (Bouwman et al. 2002). La producción de N<sub>2</sub>O y el consumo y producción de CH<sub>4</sub> son resultado de procesos biológicos, que dependen principalmente de las condiciones ambientales y el manejo antropogénico del suelo (Snyder et al., 2009). La inclusión de cultivos de cobertura se ha propuesto como una práctica de manejo con varios beneficios ambientales (Restovich et al., 2012, Martínez et al. 2013). Sin embargo, pocos trabajos han analizado el efecto de los cultivos de cobertura sobre las emisiones totales de GEI. El objetivo de este trabajo es determinar si la incorporación de un cultivo de cobertura (cereal) previo al cultivo de cosecha (soja) reduce las emisiones totales de GEI.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó sobre un ensayo de larga duración iniciado en 2007, en la ciudad de Balcarce, provincia de Buenos Aires (37° 45' 13" S; 58° 17' 53" O, 130 m snm; 870 mm precipitación media anual; 13.7 °C temperatura media anual). El suelo es un Típico Argiudol, con textura franca (24% arcillas, 33% limo y 43% arena), y 5.4% de materia orgánica. Sobre un sistema de siembra directa se aplicaron dos niveles de cobertura del suelo con 3 repeticiones: sin cultivo cobertura (sc) y con cultivo cobertura, (cc, *Triticum aestivum*) previo al



cultivo de cosecha, soja (*Glycine max* L.). Las determinaciones de GEI, se realizaron cada 15 días durante el crecimiento del cultivo de cobertura (periodo invernal) y semanalmente durante el crecimiento de la soja (periodo estival), con cámaras estáticas ventiladas según las recomendaciones de Harvey et al., (2020). Detalle de la construcción de las cámaras se encuentra en Lewczuk et al. (2017). La extracción de la muestra de aire de cada cámara se realizó mediante una jeringa estéril y se colocó dentro de viales (Labco Ex.) de 12ml previamente evacuados. Se realizaron 3 extracciones por cámara a tiempos regulares de 0, 20, 40 minutos, entre las 10 y 12hs con el fin de minimizar las variaciones diurnas en las tasas de flujo (Venterea et al., 2020). Las determinaciones de GEI fueron realizadas por cromatografía de gases con detector de captura de electrones (CIFICEN – Universidad Nacional del Centro). Los flujos fueron calculados según  $F_{GEI} = (dC / dt) * (VA) * pMRT * k$ , donde  $F_{GEI}$  es el flujo de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O en g GEI ha<sup>-1</sup>,  $dC/dt$  es el cambio de la concentración de GEI en el tiempo en g GEI g gas<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, V es el volumen de la cámara en L, A es el área de la cámara (m<sup>2</sup>), p es la presión barométrica (Pa = J m<sup>-3</sup>), M es la masa molar (CO<sub>2</sub> = 44 g mol<sup>-1</sup>; CH<sub>4</sub> = 16 g mol<sup>-1</sup>; N<sub>2</sub>O = 44 g mol<sup>-1</sup>), R es la constante universal de los gases (8.314 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), T es la temperatura del aire (K) y k una constante (14.4 m<sup>2</sup> min<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) para obtener el flujo en g . ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Para el cálculo de la pendiente  $dC/dt$  se utilizó el paquete HMR del software R (Pedersen et al., 2010). Se determinaron las variables ambientales en cada momento de muestreo. La temperatura del suelo se registró con un termómetro colocado cerca de cada base antes del comienzo de las mediciones. El contenido de humedad fue determinado por el método gravimétrico a partir de una muestra superficial suelo (0-10cm) y se calculó el % de poros llenos de agua (%PLA). El contenido de N (NO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub>) fue determinado mediante la técnica de destilación de Bremner (1965). Emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O fueron calculadas por interpolación lineal e integración de los flujos diarios para cada periodo y la emisión fue multiplicada por el factor correspondiente (310 para N<sub>2</sub>O y 21 para CH<sub>4</sub>) para calcular los g Ceq. ha<sup>-1</sup>. Emisiones acumuladas por rendimiento (g Ceq. Mg<sup>-1</sup>) fueron calculadas dividiendo los G Ceq. ha<sup>-1</sup> por rendimiento de soja (Mg ha<sup>-1</sup>). Todos los análisis se realizaron con el software R (R Core Team, 2016), considerando un nivel de significancia del 5%. Se realizaron ANOVAs para comparar rendimientos y flujos acumulados. Para el análisis temporal de los flujos de GEI y variables ambientales, un análisis de medidas repetidas en el tiempo fue realizado. Se verificaron los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad previo a cada análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Periodo cultivo de cobertura

La temperatura media fue de 14°C con mínimas en septiembre (-0.5°C) y máximas en noviembre 2018 (31.7°C). Las precipitaciones acumuladas fueron 258 mm, similares a los valores esperados para este periodo (239mm). El cc no tuvo un efecto sobre la temperatura del suelo (0-10cm) durante la etapa de crecimiento del cc (p>0.05). La humedad en el suelo (%PLA) fue mayor (p<0.05) en el tratamiento cc (52 %PLA) con respecto al tratamiento sc (46%PLA) (fig. 1). El contenido de NO<sub>3</sub> en suelo para ambos tratamientos (p>0.05) mostró valores de 6.23 ppm y 8.25 ppm en cc y sc respectivamente. En cambio, se observó una disminución (p<0.05) del NH<sub>4</sub> en el cc (1.91 ppm) comparado con sc (2.28 ppm). No se encontró interacción (p>0.05) entre los tratamientos y las fechas de muestreo en estas variables (fig. 1). Las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> fueron 76% más altas (p<0.05) en presencia del cc (1703.56 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>) comparado al barbecho (966.63 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>) (tabla 2, fig. 1). Este incremento fue mayor al observado en Sanz-Cobena et al. (2014) donde encontraron un incremento del 30% en las emisiones de CO<sub>2</sub> con cebada y trigo como cc, asociado al incremento en la actividad metabólica y la respiración en la rizosfera del suelo. Las emisiones acumuladas de CH<sub>4</sub> mostraron valores negativos en ambos tratamientos (p>0.05) con un promedio de -156.44 gC-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> (tabla 2, fig. 1). Las emisiones diarias de N<sub>2</sub>O fueron más altas en el cc en Z1.3 del trigo (25.8 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en cc y 1.16 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en sc, p<0.05), luego las tasas fueron similares entre ambos tratamientos (8.64 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). Las emisiones acumuladas de N<sub>2</sub>O durante el crecimiento del cc fueron 69% más altas en el tratamiento con cc (1047.46 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) con respecto al barbecho (617.65 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) (tabla 2, fig. 1).

### Período del cultivo de soja

La temperatura media fue 17°C con valores entre -0.4°C en mayo y 36°C en enero 2019. Las precipitaciones acumuladas durante este periodo alcanzaron los 563mm, un 12% más altas que las esperadas según datos históricos para el mismo periodo (570mm). La temperatura media del suelo fue 20.9°C en ambos tratamien-



tos ( $p>0.05$ ), con valores entre 11 y 27°C (fig. 1). Otros trabajos han encontrado resultados similares sobre el efecto del cc en la temperatura del suelo (Sanz-Cobena et al. 2014; Piccinetti et al. 2021). Mayor humedad (%PLA) fue observada en S-cc, con una media de 51 %PLA, un 10% mayor que en el tratamiento sc (46 %PLA) (fig. 1). Tribouillois et al. (2018) y Alfonso et al. (2020) obtuvieron resultados similares y demostraron que la presencia del cc presentaba un efecto directo sobre el balance de agua, reduciendo la evapotranspiración con respecto a un suelo desnudo. El contenido de N en suelo ( $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ ) en ambos tratamientos ( $p>0.05$ ) alcanzó valores de 9 ppm de  $\text{NO}_3$  y 2.3 ppm de  $\text{NH}_4$  (fig. 1). Durante el crecimiento del cultivo de soja, se observó un aumento progresivo del nitrato en suelo, hasta llegar a un pico en R3, disminuyendo en las etapas posteriores ( $p<0.05$ ). Esta caída en el nitrato del suelo, coincide con el período crítico del cultivo donde comienza a desarrollar las vainas y se inicia el llenado del grano que determinará el rendimiento. Mayor asimilación de N es esperada en este periodo. El amonio aumentó a partir de R2/R3 en la etapa de finalización de floración y comienzo de formación de las vainas. Este cambio puede deberse al ritmo de fijación de N de los nódulos de la raíz que aumenta rápidamente en R2 y esta actividad puede dar lugar a un mayor incremento del  $\text{NH}_4$  en suelo. Las emisiones acumuladas de  $\text{CO}_2$  fueron similares entre ambos tratamientos (12262.89 kg C-  $\text{CO}_2$  ha<sup>-1</sup> en promedio), indicando igual actividad microbológica y radical (tabla 2, fig. 1). Estos resultados fueron similares a los encontrados por Behnke & Villamil (2019) donde evaluaron diferentes cc entre cereales y leguminosas y no encontraron efecto sobre las emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  en maíz y soja. Contrariamente, en nuestro trabajo se observaron flujos negativos en la emisión acumulada de  $\text{CH}_4$  (sumidero de  $\text{CH}_4$ ), con valores de -93.43 g C- $\text{CH}_4$  ha<sup>-1</sup> en el sistema bajo cc (tabla 2, fig. 1). Otros estudios (Carter et al., 2011) han encontrado resultados similares atribuyendo sus resultados a las condiciones redox y la difusión de  $\text{CH}_4$  en condiciones anaeróbicas. Condiciones de aireación limitantes, pueden deberse a la mayor presencia de raíces proveniente del cc (Kim et al., 2021). En cambio, en el tratamiento sc, los flujos fueron positivos y alcanzaron 43.91 g C- $\text{CH}_4$  ha<sup>-1</sup>. Las emisiones diarias de  $\text{N}_2\text{O}$  fueron bajas y constantes durante todo el ciclo en ambos tratamientos, con un valor medio de 12 gN- $\text{N}_2\text{O}$  ha<sup>-1</sup> \* d<sup>-1</sup> ( $p>0.05$ ).

Tabla 2. Valores de rendimiento (Mg ha<sup>-1</sup>), emisiones acumuladas de  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  para el tratamiento sc (sin cultivo de cobertura) y cc (con cultivo de cobertura).

Tratamiento	Rendimiento	Emisiones acumuladas de N- $\text{N}_2\text{O}$	Emisiones acumuladas de C- $\text{CO}_2$	Emisiones acumuladas de C- $\text{CH}_4$
	Mg ha <sup>-1</sup>	g N- $\text{N}_2\text{O}$ ha <sup>-1</sup>	kg C- $\text{CO}_2$ ha <sup>-1</sup>	g C- $\text{CH}_4$ ha <sup>-1</sup>
Barbecho		617.65*	966.63*	-170.59
Trigo		1047.46*	1703.56*	-142.31
S-sc	2.37*	1431.47	13823.90	43.91
S-cc	2.87*	1399.62	10701.88	-93.43

\* Valores con media significativamente diferentes con un nivel de confianza del 5%.



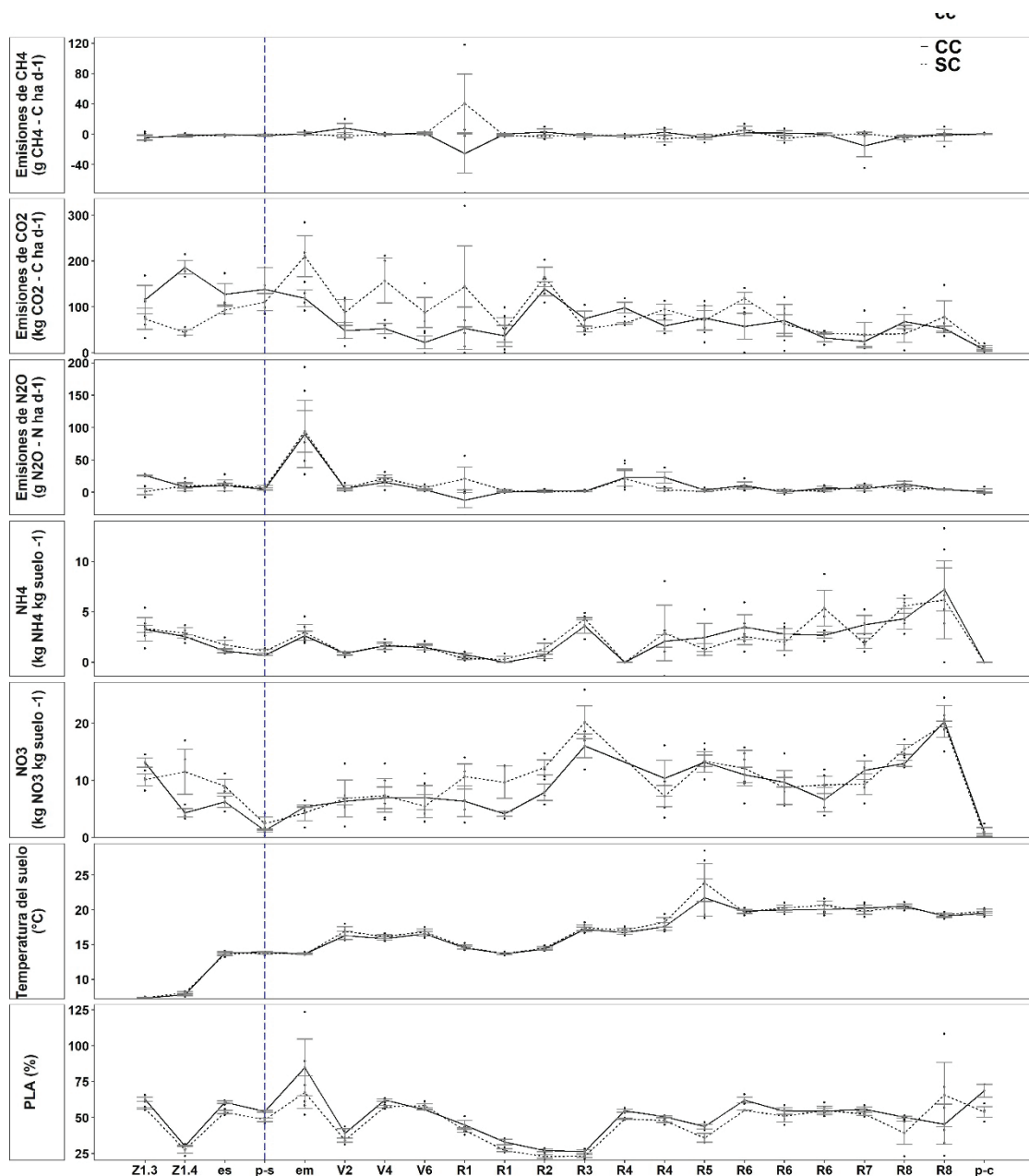


Figura 1. Valores diarios de emisiones de GEI ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$ ),  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , temperatura del suelo ( $^{\circ}\text{C}$ ) y %PLA durante el crecimiento del cc (trigo) y durante crecimiento de soja bajo dos niveles de cobertura, sc (sin cultivo de cobertura) y cc (con cultivo de cobertura) en Balcarce, durante los años 2018/2019. es: espiga; p-s: post siembra soja, em: emergencia soja, p-c: post cosecha soja.

Trabajos previos han encontrado tasas de emisión cercanas a cero (Pappa et al. 2011; Bodner et al. 2017), excepto en momentos específicos donde registraron picos de emisión significativos. En nuestro trabajo, se registró un pico de emisión en la emergencia de la soja ( $127$  y  $148 \text{ g N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  en cc y sc respectivamente, fig. 1), donde un aumento en el %PLA en ambos tratamientos y un aumento de la temperatura del suelo en el tratamiento sc fue observada y contribuyeron a mayores tasas de flujo (Lewczuk et al., 2017),  $48\%$  y  $56\%$  de las emisiones acumuladas totales del cultivo de soja con cc y sc respectivamente (Tabla 2). Sin embargo, Piccinetti et al., 2021 encontró picos de emisión en soja con cc que fueron  $59\%$  mayores que el sistema sc, resultando en emisiones acumuladas  $1.5$  veces mayores en soja con cc previo ( $1.23$  vs  $2.53 \text{ kg N-N}_2\text{O ha}^{-1}$ ). Pero el cc aplicado había sido previamente fertilizado, incorporando un mayor contenido de N al suelo en la etapa posterior al secado. En cambio, en este trabajo donde el cc no fue fertilizado, no se encontraron diferencias en los flujos acumulados de  $\text{N}_2\text{O}$  entre ambos tratamientos ( $1.4 \text{ kg N-N}_2\text{O ha}^{-1}$ ). La influencia del cc sobre el rendimiento del cultivo siguiente ha mostrado diversos resultados (Abdalla et al., 2019; Piccinetti et



al., 2021). En este trabajo, la incorporación del cc aumentó 21% el rendimiento de soja en valores entre 2.37 y 2.87 tn / ha (tabla 2). Las emisiones acumuladas de GEI por rendimiento de grano en el tratamiento con cc mostraron una reducción del 36 % ( $p < 0.05$ ) con respecto al tratamiento sc (fig. 2). Sin embargo, al considerar el ciclo completo (trigo – soja), las emisiones acumuladas totales no presentaron diferencias ( $p = 0.42$ ), indicando que se debe considerar todo el ciclo al momento de definir estrategias de manejo para reducir emisiones de GEI.

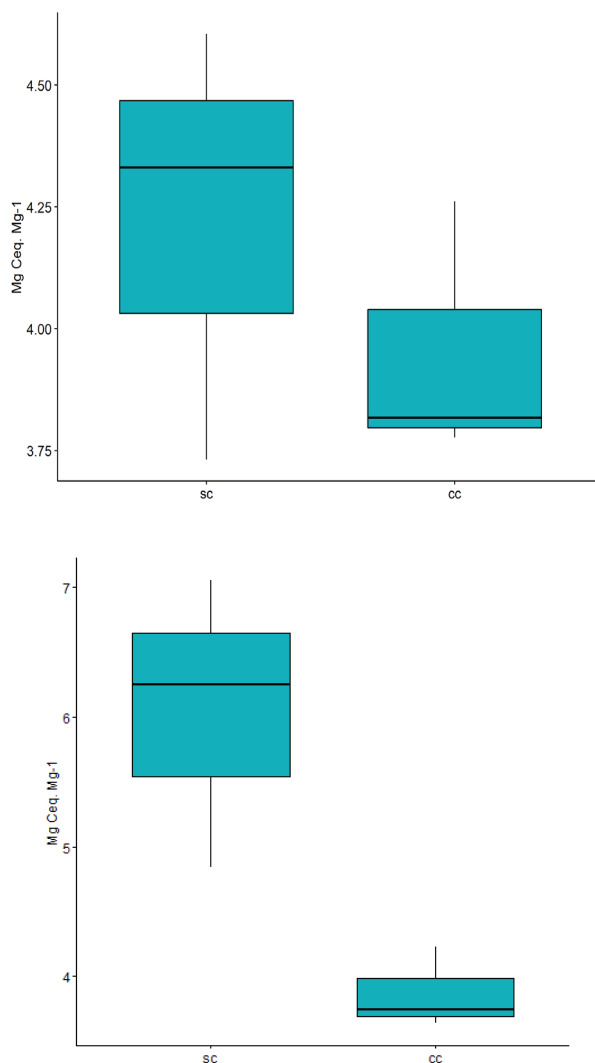


Figura 2. Emisiones acumuladas totales de GEI ( $\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{CH}_4$  en Mg Ceq.) por rendimiento de soja (Mg de biomasa) en el tratamiento sc (sin cultivo de cobertura) y cc (con cultivo de cobertura), a) considerando sólo el periodo de soja y b) considerando el ciclo cc-soja.

## CONCLUSIONES

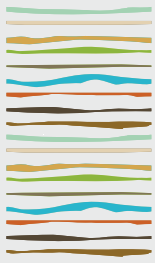
El sudoeste de la provincia de Buenos Aires, presenta características edafoclimáticas particulares que deben ser analizadas al momento de establecer estrategias de mitigación de GEI. En esta zona, los cc han demostrado mejoras en la eficiencia del uso del agua y sobre la disponibilidad de N en suelo. Por lo tanto, aparecen como estrategia para mejorar los sistemas productivos. En este trabajo, se ha demostrado que durante el crecimiento del cc, hubo mayores emisiones acumuladas de GEI con respecto al barbecho. Las emisiones acumuladas de GEI por rendimiento de grano de soja en el tratamiento con cc fueron 36 % más bajas con respecto al tratamiento sc. Sin embargo, al considerar el ciclo completo (trigo – soja), las emisiones acumuladas totales fueron mayores en el sistema sin cobertura, demostrando que se debe considerar todo el ciclo al momento de definir estrategias de manejo para reducir emisiones de GEI.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., Truu, J., Rees, R.M., Smith, P., 2019. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Glob. Chang. Biol.* 25, 2530–2543. <https://doi.org/10.1111/gcb.14644>
- Alfonso, C., Barbieri, P.A., Hernández, M.D., Lewczuk, N.A., Martínez, J.P., Echarte, M.M., Echarte, L., 2020. Water productivity in soybean following a cover crop in a humid environment. *Agric. Water Manag.* 232, 106045. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106045>
- Behnke, G.D., Villamil, M.B., 2019. Cover crop rotations affect greenhouse gas emissions and crop production in Illinois, USA. *F. Crop. Res.* 241. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107580>
- Bodner, G., Mentler, A., Kliik, A., Kaul, H.P., Zechmeister-Boltenstern, S., 2017. Do cover crops enhance soil greenhouse gas losses during high emission moments under temperate Central Europe conditions? *Bodenkultur* 68, 171–187. <https://doi.org/10.1515/boku-2017-0015>
- Carter, M.S., Ambus, P., Albert, K.R., Larsen, K.S., Andersson, M., Priemé, A., van der Linden, L., Beier, C., 2011. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub>, prolonged summer drought and temperature increase on N<sub>2</sub>O and CH<sub>2</sub> fluxes in a temperate heathland. *Soil Biol. Biochem.* 43, 1660–1670. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.003>
- Dobbie, K.E., Smith, K.A., 2003. Nitrous oxide emission factors for agricultural soils in Great Britain: The impact of soil water-filled pore space and other controlling variables. *Glob. Chang. Biol.* 9, 204–218. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00563.x>
- Harvey, M.J., Sperlich, P., Clough, T.J., Kelliher, F.M., McGeough, K.L., Martin, R.J., Moss, R., 2020. Global Research Alliance N<sub>2</sub>O chamber methodology guidelines: Recommendations for air sample collection, storage, and analysis. *J. Environ. Qual.* 49, 1110–1125. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20129>
- Kim, K., Daly, E.J., Hernandez-Ramirez, G., 2021. Perennial grain cropping enhances the soil methane sink in temperate agroecosystems. *Geoderma* 388, 114931. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114931>
- Lewczuk, N.A., Posse, G., Richter, K., Achkar, A., 2017. CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O flux balance on soybean fields during growth and fallow periods in the Argentine Pampas—A study case. *Soil Tillage Res.* 169, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.017>
- Pappa, V.A., Rees, R.M., Walker, R.L., Baddeley, J.A., Watson, C.A., 2011. Nitrous oxide emissions and nitrate leaching in an arable rotation resulting from the presence of an intercrop. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.025>
- Pedersen, A.R., Petersen, S.O., Schelde, K., 2010. A comprehensive approach to soil-atmosphere trace-gas flux estimation with static chambers. *Eur. J. Soil Sci.* 61, 888–902. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01291.x>
- Piccinetti, C.F., Bacigaluppo, S., Di Ciocco, C.A., De Tellería, J.M., Salvagiotti, F., 2021. Soybean in rotation with cereals attenuates nitrous oxide emissions as compared with soybean monoculture in the Pampas region. *Geoderma* 402. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115192>
- Restovich, S.B., Andriulo, A.E., Portela, S.I., 2012. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *F. Crop. Res.* 128, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.012>
- Sanz-Cobena, A., García-Marco, S., Quemada, M., Gabriel, J.L., Almendros, P., Vallejo, A., 2014. Do cover crops enhance N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> or CH<sub>4</sub> emissions from soil in Mediterranean arable systems? *Sci. Total Environ.* 466–467, 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.023>
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., Fixen, P.E., 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agric. Ecosyst. Environ.* 133, 247–266. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.021>
- Tribouillois, H., Constantin, J., Justes, E., 2018. Cover crops mitigate direct greenhouse gases balance but reduce drainage under climate change scenarios in temperate climate with dry summers. *Glob. Chang. Biol.* 24, 2513–2529. <https://doi.org/10.1111/gcb.14091>
- Venterea, R.T., Petersen, S.O., de Klein, C.A.M., Pedersen, A.R., Noble, A.D.L., Rees, R.M., Gamble, J.D., Parkin, T.B., 2020. Global Research Alliance N<sub>2</sub>O chamber methodology guidelines: Flux calculations. *J. Environ. Qual.* 49, 1141–1155. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20118>







## EMISIONES DE N<sub>2</sub>O EN UN CULTIVO DE SOJA, UNA MIRADA DESDE EL MODELO DNDC

Lewczuk, N.<sup>1\*</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible, INTA Balcarce/Conicet, Buenos Aires, Argentina, [\\*lewczyk.nuria@inta.gob.ar](mailto:lewczyk.nuria@inta.gob.ar)

### RESUMEN

Las mediciones directas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desde el suelo presentan una alta incertidumbre a escala espacial y temporal. Los modelos biogeoquímicos son una excelente herramienta para comprender el impacto de las prácticas de manejo agrícola. El objetivo de este trabajo fue calibrar y validar el modelo DNDC, y evaluar la capacidad del modelo para simular el %PLA, la temperatura del suelo, contenido de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y emisiones de N<sub>2</sub>O en un cultivo de soja. Este trabajo ha demostrado que el modelo DNDC fue capaz de simular correctamente el % PLA y la temperatura del suelo y presentó una buena performance en la simulación de los flujos de N<sub>2</sub>O, con diferencias en momentos de alta emisión observada. El modelo DNDC se presenta como una potencial herramienta para estimar emisiones de N<sub>2</sub>O en sistemas agrícolas de Argentina, que podría ayudar a mejorar las estrategias de mitigación.

**Palabras clave:** DNDC, óxido nitroso, soja

### INTRODUCCIÓN

Las mediciones directas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desde el suelo presentan una alta incertidumbre a escala espacial y temporal, debido a la interacción de múltiples factores climáticos, físicos y químicos (Stehfest and Bouwman, 2006). Para obtener resultados relevantes es necesario contar con un alto número de mediciones, resultando en altísimos costos económicos (Giltrap et al., 2010). Los modelos biogeoquímicos (Giltrap et al., 2010) describen la dinámica del carbono, el nitrógeno y el fósforo en sistemas agrícolas y son una excelente herramienta para comprender el impacto de las prácticas de manejo agrícola (Giltrap et al., 2010). El modelo DNDC (desnitrificación-descomposición) describe la dinámica biogeoquímica de los flujos de C y N (Li et al. 1992) y proporciona información para explorar posibles medidas de mitigación (Giltrap et al., 2010). El DNDC fue probado y calibrado en diferentes agroecosistemas en todo el mundo bajo condiciones ambientales contrastantes (Beheydt et al., 2007; Hastings et al., 2010), pero aún no existe información para sistemas agrícolas de Argentina. En Argentina cerca del 80% de la superficie se encuentra bajo manejo agrícola – ganadero (FAO, 2019). La producción de soja cubre más del 50% de los suelos pampeanos bajo producción agrícola, acompañada en menor proporción por maíz y trigo (FAO, 2019). El monocultivo de soja puede presentar disminución en los rendimientos a largo plazo y un incremento en el impacto ambiental por degradación de los suelos debido a la pérdida de nutrientes y del carbono orgánico del suelo (Alvarez, 2001). Las actividades agrícolas contribuyen con el 60% de las emisiones de N<sub>2</sub>O antropogénicas (IPCC, 2014). El N<sub>2</sub>O tiene un potencial de calentamiento 300 veces superior al CO<sub>2</sub> y además contribuye con la depleción del ozono estratosférico (Ravishankara et al., 2009). El conjunto de las actividades microbianas y en consecuencia la producción de N<sub>2</sub>O están íntimamente relacionadas a factores ambientales y fisicoquímicos del suelo (Abdalla et al., 2010; Deng et al., 2016; Uzoma et al., 2015). Una reducción en las emisiones de N<sub>2</sub>O proveniente de las actividades agrícolas tendrá efectos altamente beneficiosos sobre el sistema climático (Basche et al., 2014). El objetivo de este trabajo fue 1) calibrar y validar el modelo DNDC, 2) evaluar la capacidad del modelo para simular %PLA, temperatura del suelo, contenido de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y emisiones de N<sub>2</sub>O en un cultivo de soja.





## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de Estudio

Para evaluar la performance y la capacidad predictiva del modelo DNDC fue seleccionado un sitio en la Región pampeana (59° 28' 31.7" W; 34° 38' 29.7" S) bajo siembra directa de soja (*Glycine max L.*), en un área de 39.6 ha durante dos años de estudio (noviembre 2010 – noviembre 2012). Mayor detalle de la descripción del sitio de estudio y manejo se encuentran en Lewczuk et al. (2017).

### Emisiones de N<sub>2</sub>O, temperatura del suelo, %PLA y contenido de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Mediciones de N<sub>2</sub>O fueron realizadas mensualmente entre 2010/2012 con el método de cámaras estáticas ventiladas. Detalles de la construcción de las cámaras y de la metodología fueron descritos en Lewczuk et al. (2017). La temperatura del suelo (°C) a 0-10 cm de profundidad fue registrada mientras se realizaban las mediciones. Muestras de suelo de cada sitio fueron recolectadas para calcular el contenido de humedad (%PLA) y el contenido de nitratos en las mismas fechas de las mediciones y los detalles de las metodologías se encuentran descritos en Lewczuk et al. (2017).

### Modelo DNDC

El modelo DNDC 9.5 (desnitrificación-descomposición) permite describir la dinámica biogeoquímica de los flujos de carbono (C) y nitrógeno (N) en los ecosistemas agrícolas (Li et al., 1992, Giltrap et al., 2010).

### Calibración y validación del modelo

Luego de estabilizar los valores de C y N con datos de temperatura y precipitaciones de 10 años, el modelo fue calibrado y validado para los años con datos observados (2010/2012). Datos de precipitación y temperaturas máximas y mínimas diarias fueron utilizadas para calibrar el modelo durante la campaña 2010/2011. Datos de conductividad hidrológica, capacidad de campo, punto de marchitez y partición de COS y C/N fueron seteados por default por el modelo. Las características fisiológicas del cultivo fueron obtenidas de la literatura (Toledo, 1971). La validación del modelo fue realizada con los datos observados en la segunda campaña 2011/2012, comparando los valores observados y valores simulados para las emisiones diarias y acumuladas de N<sub>2</sub>O, temperatura del suelo, PLA (%), contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

### Análisis estadístico

Tres parámetros estadísticos fueron aplicados para evaluar la performance del modelo calibrado y validado comparando valores observados vs valores modelados de emisiones de N<sub>2</sub>O, temperatura del suelo, %PLA y contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Error cuadrático medio (RMSE) (Loague y Green, 1991), error cuadrático medio normalizado (nRMSE) (Biernath et al., 2011); e índice de ajuste (d) (Moriassi et al., 2007). Emisiones acumuladas de N<sub>2</sub>O simuladas y observadas, fueron calculadas por interpolación lineal e integración de los flujos diarios. Todos los análisis fueron realizados con el software R (R Core Team, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperatura y humedad del suelo

El modelo calibrado demostró buen ajuste en %PLA, con valores entre 28 y 47 %PLA para los observados y entre 26 y 47 %PLA para los simulados. En la validación, se confirmó el buen ajuste del modelo con valores entre 22 y 57 %PLA para los observados y entre 24 y 52 %PLA para los simulados (fig. 1, tabla 2). Estos resultados coinciden con Li et al., (2017), donde encontraron valores simulados de %PLA entre 2-8% mayores a los observados. La simulación del %PLA determina la capacidad del suelo de transportar oxígeno y simular condiciones de anaerobiosis que estimulan el proceso de desnitrificación (Song et al., 2018). El buen ajuste del modelo sobre la simulación en el contenido de humedad, es base para simular emisiones de N<sub>2</sub>O. La temperatura del suelo fue sobrestimada por 2°C por el modelo calibrado (18°C vs 16°C). Resultados similares fueron obtenidos en la validación, donde la temperatura media del suelo simulada fue 3 °C mayor que la observada (23 °C vs 20 °C, fig. 1, tabla 2) y presentó un buen ajuste en los parámetros estadísticos (tabla 2). Li et al., (2017) moisture, and respiration (daily and seasonal encontraron que el modelo sobrestimaba entre 2 y 6% la temperatura del suelo. El modelo DNDC considera a la temperatura como principal regulador del crecimiento de las plantas, con implicancias directas sobre la dinámica del C y N. Sobrestimaciones de la temperatura del suelo podrían sobrestimar las tasas de emisión de N<sub>2</sub>O, cuando no existen otras limitaciones



en el contenido hídrico y/o de nitrógeno (Jabro et al., 2008).

Tabla 2. Parámetros estadísticos para la validación del modelo DNDC comparando valores diarios simulados de emisiones de  $N_2O$  ( $kg\ N-N_2O\ ha^{-1}\ d^{-1}$ ), humedad del suelo (%PLA), temperatura del suelo ( $^{\circ}C$ ), contenido de  $NO_3^-$  ( $kg\ N-NO_3\ ha^{-1}$ ) comparado con valores observados bajo un cultivo de 2011 a 2012.

Variable	Media observada	Media simulada	RMSE	nRMSE (%)	d
Emisiones $N_2O$ ( $kg\ N-N_2O\ ha^{-1}\ d^{-1}$ )	$0.01 \pm 0.02$	$0.006 \pm 0.009$	0.02	17	0.66
%PLA	$36 \pm 11$	$36 \pm 11$	9	26	0.81
Temperatura del suelo ( $^{\circ}C$ )	$20 \pm 7$	$23 \pm 6$	4	19	0.88
$NO_3^-$ ( $kg\ N-NO_3\ ha^{-1}$ )	$29 \pm 25$	$19 \pm 18$	37	36	0.19

### Contenido de nitrato

El modelo no presentó una buena performance en la simulación en el contenido de nitratos. El modelo calibrado subestimó el contenido de nitrato en suelo durante toda la campaña, con un valor medio de  $2\ kg\ N-NO_3\ ha^{-1}$  con respecto a los  $12\ kg\ N-NO_3\ ha^{-1}$  observados. En la validación, el modelo subestimó el contenido de nitratos un 34% (tabla 2). Resultados similares fueron encontrados por Abdalla et al. (2014), donde el modelo simuló el patrón temporal en el contenido de nitratos en el suelo, pero subestimó su magnitud ( $19.2$  vs.  $5.2\ kg\ N-NO_3\ ha^{-1}$ ). En este trabajo, el modelo no presentó una buena performance en el nitrato en el suelo. El nitrato es el sustrato de bacterias desnitrificantes con implicancias directas sobre las tasas de emisión de  $N_2O$ . Mejorar la simulación en este parámetro podría mejorar la performance del modelo en las simulaciones de flujos.



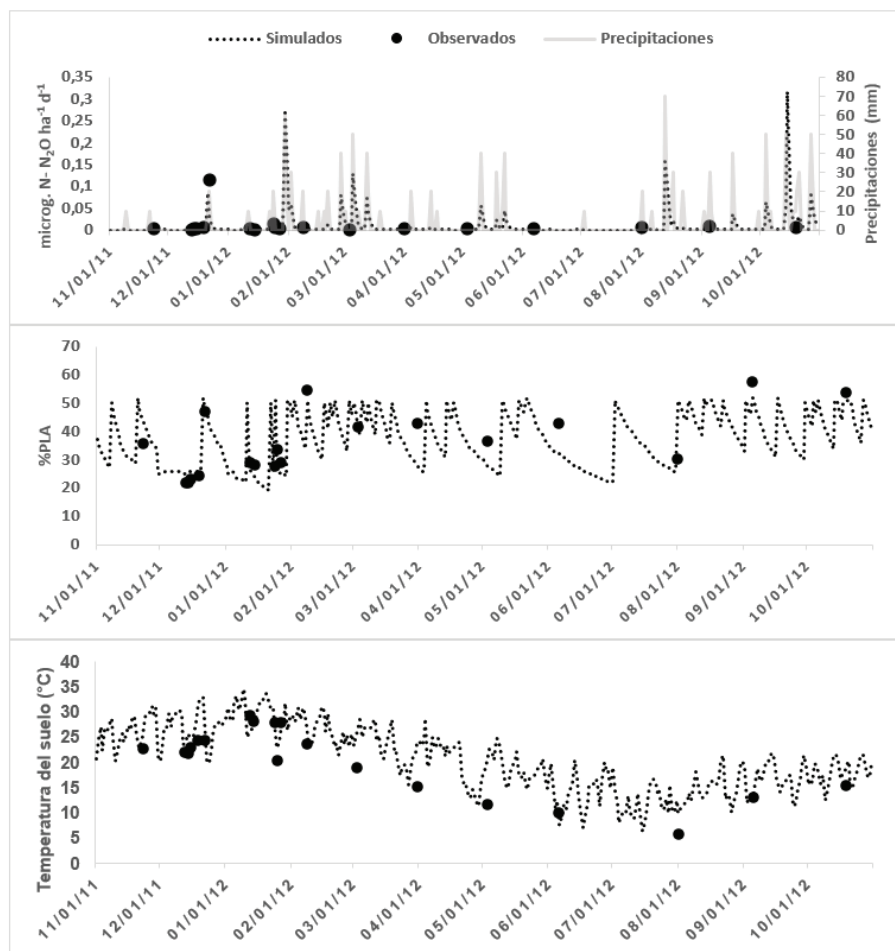


Figura 1. Validación del modelo DNDC. Emisiones diarias observadas y simuladas de  $N_2O$  (microg.  $N-N_2O \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ), humedad (%PLA) y temperatura del suelo ( $^{\circ}C$ ) en un sistema soja – barbecho entre 2011 y 2012.

### Emisiones de $N_2O$

La calibración del modelo subestimó las tasas de emisión de  $N_2O$ , con valores de 0.0008 y 0.007 microg.  $N-N_2O \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . En la validación, el modelo presentó una buena performance temporal, pero subestimó las emisiones background (tabla 2, fig. 1). Altos flujos de emisión fueron simulados luego de eventos de lluvia, similar a lo encontrado en otros trabajos (Song et al., 2018; Abdalla et al., 2020). El modelo considera que ante condiciones de humedad mayores al 40 % PLA, se activa el proceso de desnitrificación (Li et al., 1992) generando altas tasas de emisión de  $N_2O$ . En este trabajo los valores observados oscilaron entre 22 y 57 %PLA, con una media de 36 %PLA, y cuando los valores de %PLA fueron superiores al 50% (días con precipitaciones), el modelo simuló altos picos de emisión. Las emisiones acumuladas de  $N_2O$  simuladas fueron 1.68 veces más bajas que las observadas, debido a un pico de emisión que fue subestimado por el modelo. Este pico de emisión (0.11 microg.  $N-N_2O \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) fue observado en diciembre 2011 con 47 %PLA y temperatura del suelo a  $24^{\circ}C$ . El modelo simuló el pico de emisión, pero subestimó su magnitud en un 200%, aunque la humedad y temperatura del suelo simuladas en esta fecha no presentaron diferencias con respecto a observadas. Cuando este flujo fue considerado como outlier en el análisis, los flujos acumulados de  $N_2O$  fueron correctamente simulados por el modelo con emisiones acumuladas de 1.62 y 1.54 microg.  $N-N_2O \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  observados y simulados respectivamente. La presencia de este único flujo aumentó un 25 y 58 % las emisiones de  $N_2O$  en los flujos simulados y observados.

### CONCLUSIONES

En este trabajo se evaluó la capacidad del modelo DNDC para estimar el flujo de  $N_2O$  y las variables edafoclimáticas asociadas bajo un cultivo de soja. Este trabajo demostró que el modelo DNDC fue capaz de simular correctamente el % PLA y temperatura del suelo y presentó una buena performance en la simulación de los



flujos de N<sub>2</sub>O, con diferencias en momentos de alta emisión observada. La presencia de este único flujo aumentó un 25 y 58 % las emisiones de N<sub>2</sub>O en los valores simulados y observados. El modelo DNDC se presenta como una potencial herramienta para estimar emisiones de N<sub>2</sub>O en sistemas agrícolas de Argentina, que podría ayudar a mejorar las estrategias de mitigación.

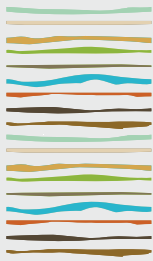
## BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla, M., Jones, M., Yeluripati, J., Smith, P., Burke, J., Williams, M., 2010. Testing DayCent and DNDC model simulations of N<sub>2</sub>O fluxes and assessing the impacts of climate change on the gas flux and biomass production from a humid pasture. *Atmos. Environ.* 44, 2961–2970. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.05.018>
- Abdalla, M., Hastings, A., Helmy, M., Prescher, A., Osborne, B., Lanigan, G., Forristal, D., Killi, D., Maratha, P., Williams, M., Rueangritsarakul, K., Smith, P., Nolan, P., Jones, M.B., 2014. Assessing the combined use of reduced tillage and cover crops for mitigating greenhouse gas emissions from arable ecosystem. *Geoderma* 223–225, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.01.030>
- Abdalla, M., Song, X., Ju, X., Topp, C.F.E., Smith, P., 2020. Calibration and validation of the DNDC model to estimate nitrous oxide emissions and crop productivity for a summer maize-winter wheat double cropping system in Hebei, China. *Environ. Pollut.* 262. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114199>
- Alvarez, R. 2001. Estimation of carbon losses by cultivation from soils of the Argentina Pampa using the Century model. *Soil Use Manage.* 17, 62–66.
- Basche, A.D., Miguez, F.E., Kaspar, T.C., Castellano, M.J., 2014. Do cover crops increase or decrease nitrous oxide emissions? a meta-analysis. *J. Soil Water Conserv.* 69, 471–482. <https://doi.org/10.2489/jswc.69.6.471>
- Behaydt, D., Boeckx, P., Sleutel, S., Li, C., Van Cleemput, O., 2007. Validation of DNDC for 22 long-term N<sub>2</sub>O field emission measurements. *Atmos. Environ.* 41, 6196–6211. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.04.003>
- Biernath, C., Gayler, S., Bittner, S., Klein, C., Högy, P., Fangmeier, A., Priesack, E., 2011. Evaluating the ability of four crop models to predict different environmental impacts on spring wheat grown in open-top chambers. *Eur. J. Agron.* 35, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.04.001>
- Deng, Q., Hui, D., Wang, J., Yu, C.L., Li, C., Reddy, K.C., Dennis, S., 2016. Assessing the impacts of tillage and fertilization management on nitrous oxide emissions in a cornfield using the DNDC model. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 121, 337–349. <https://doi.org/10.1002/2015JG003239>
- FAO. 2019. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos.* Roma.
- Giltrap, D.L., Li, C., Saggat, S., 2010. DNDC: A process-based model of greenhouse gas fluxes from agricultural soils. *Agric. Ecosyst. Environ.* 136, 292–300. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.06.014>
- Guest, G., Kröbel, R., Grant, B., Smith, W., Sansoulet, J., Pattey, E., Desjardins, R., Jégo, G., Tremblay, N., Tremblay, G., 2017. Model comparison of soil processes in eastern Canada using DayCent, DNDC and STICS. *Nutrient Cycl. Agroecosyst.* 109 (3), 211–232.
- Hastings, A.F., Wattenbach, M., Eugster, W., Li, C., Buchmann, N., Smith, P., 2010. Uncertainty propagation in soil greenhouse gas emission models: An experiment using the DNDC model and at the Oensingen cropland site. *Agric. Ecosyst. Environ.* 136, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.11.016>
- Jabro, J.D., Sainju, U., Stevens, W.B., Evans, R.G., 2008. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. *J. Environ. Manag.* 88, 1478–1484.
- Lewczuk, N.A., Posse, G., Richter, K., Achkar, A., 2017. CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O flux balance on soybean fields during growth and fallow periods in the Argentine Pampas—A study case. *Soil Tillage Res.* 169, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.017>
- Li, C.S., Frolking, S., Frolking, T.A., 1992. A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events 1. Model structure. *J. Geophys. Res.*
- Li, C.S., 2000. Modeling trace gas emissions from agricultural ecosystems. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 58, 259–276. <https://doi.org/10.1023/A:1009859006242>
- Li, Z., Yang, J.Y., Drury, C.F., Yang, X.M., Reynolds, W.D., Li, X., Hu, C., 2017. Evaluation of the DNDC model for simulating soil temperature, moisture and respiration from monoculture and rotational corn, soybean and winter wheat in Canada. *Ecol. Modell.* 360, 230–243. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.07.013>
- Loague, K. and Green, R. E.: Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application, *J. Contam. Hydrol.*, 7, 51–73, 1991



- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans. ASABE* 50, 885–900.
- Musafiri, C.M., Macharia, J.M., Kiboi, M.N., Ng'etich, O.K., Shisanya, C.A., Okeyo, J.M., Okwuosa, E.A., Ngetich, F.K., 2021. Comparison between observed and DeNitrification-DeComposition model-based nitrous oxide fluxes and maize yields under selected soil fertility management technologies in Kenya. *Plant Soil* 463, 395–413. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04924-x>
- Parton, W.J., Holland, E.A., Del Grosso, S.J., Hartman, M.D., Martin, R.E., Mosier, A.R., Ojima, D.S., Schimel, D.S., 2001. Generalized model for NO<sub>x</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from soils. *J. Geophys. Res. Atmos.* 106, 17403–17419. <https://doi.org/10.1029/2001JD900101>
- Ravishankara, A.R., Daniel, J.S., Portmann, R.W., 2009. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science* (80- ). 326, 123–125. <https://doi.org/10.1126/science.1176985>
- Song, A., Liang, Y., Zeng, X., Yin, H., Xu, D., Wang, B., Wen, S., Li, D., Fan, F., 2018. Substrate-driven microbial response: A novel mechanism contributes significantly to temperature sensitivity of N<sub>2</sub>O emissions in upland arable soil. *Soil Biol. Biochem.* 118, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.11.021>
- Stehfest, E., Bouwman, L., 2006. N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: Summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 74, 207–228. <https://doi.org/10.1007/s10705-006-9000-7>
- Toledo, R., 1971. *Ecofisiologia, Rendimiento Y Calidad De Soja Sitio*. Reforma 1–12.
- Uzoma, K.C., Smith, W., Grant, B., Desjardins, R.L., Gao, X., Hanis, K., Tenuta, M., Goglio, P., Li, C., 2015. Assessing the effects of agricultural management on nitrous oxide emissions using flux measurements and the DNDC model. *Agric. Ecosyst. Environ.* 206, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.014>





## **CALIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO HORTÍCOLA ENMENDADO CON DIGESTATOS ANAERÓBICOS**

Magazzini, S., C.Tassara, G. Fernández, A.F. de Iorio, M. Bargiela\*

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Cátedra de Química Inorgánica y Analítica.  
Av. San Martín 4453. Buenos Aires. [bargiela@agro.uba.ar](mailto:bargiela@agro.uba.ar)

### **RESUMEN**

Los suelos hortícolas están, en general, sometidos a sistemas de manejo intensivos que comprenden fertilizaciones indiscriminadas, labranzas periódicas, aplicación de agroquímicos y riego. Estas prácticas han contribuido a disminuir el contenido y calidad de la materia orgánica del suelo y, por ende, su fertilidad física, química y biológica, lo que condiciona la producción. Por otro lado, la disposición y tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) y ganaderos se ha convertido en una problemática costosa que necesita urgente solución. En el caso de los RSU son dispuestos en basurales a cielo abierto o rellenos sanitarios en donde al descomponerse liberan carbono a la atmósfera, por otro lado, las excretas en sistemas ganaderos intensivos pueden contaminar el suelo y las aguas subterráneas, además de liberar gases a la atmósfera y generar olores. Utilizados en conjunto pueden conformar un sustrato adecuado para biodigestores anaeróbicos generando energía aprovechable y un digestato que puede ser aplicado como fertilizante de calidad con un importante contenido de materia orgánica estabilizada. En el presente trabajo se realizaron mezclas de estiércol ovino y fracciones separables de residuos urbanos que fueron digeridas anaeróbicamente y aplicadas en distintas dosis a un suelo degradado en la localidad de Hudson Partido de Florencio Varela, Buenos Aires. La aplicación de los digeridos provenientes de las diferentes codigestiones aumentó y mejoró la calidad de la materia orgánica, evidenciado en el índice de humificación.

**Palabras clave:** enmienda, suelos degradados, sustancias húmicas.

### **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas agrícolas intensivos, como las producciones hortícolas bajo cubierta, (Andreau et al., 2012), generan una disminución en los niveles de carbono orgánico del suelo (COS) que repercute rápidamente en la estabilidad estructural al tratarse de una propiedad de carácter dinámico (Gabioud et al., 2011). Autores de este trabajo encontraron en 1999 (Tassara, comunicación personal) que suelos hortícolas bajo manejo intensivo pierden alrededor de un 19% del C total en un año respecto a un suelo abonado, mineralizándose más de un 20% del N total en ese mismo período. También se ha detectado un aumento en la salinización debido al exceso de fertilización (Cuellas, 2017), además por la alta cantidad de abono de pollo de producción de carne que se incorpora anualmente (70 tn/ha año) y la carencia de lixiviación en sistemas forzados permanentes. Los residuos sólidos urbanos (RSU) están compuestos de alrededor de un 40% de material orgánico proveniente de desechos alimenticios que pueden ser aprovechados. Su disposición, tratamiento y costos asociados son una problemática debido al volumen generado y sus riesgos para el ambiente y la salud (Acurio et al., 2007).

La aplicación de enmiendas está cobrando importancia como opción para aumentar el stock de carbono en el suelo, la materia orgánica persiste por largos períodos de tiempo sin descomponerse aislada del ataque de



microorganismos al incorporarse dentro de los agregados, adsorbida en fracciones minerales como arcilla en moléculas condensadas de difícil degradación (Trumbore y Czimczik, 2008). Una forma de producir enmiendas de manera sustentable puede ser aprovechando los sustratos producidos por digestión anaeróbica de residuos orgánicos (Møller et al., 2009), proveyendo una herramienta útil para la regulación del clima y para mantener los servicios ecosistémicos que el suelo ofrece.

Existen residuos de diferentes orígenes, que tienen un potencial de producción de biogás relativamente bajo. Esto hace a la codigestión anaeróbica, el tratamiento conjunto de residuos para aprovechar la complementariedad de composiciones una metodología exitosa para aumentar la producción (Campo Lopez et al., 2013). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del agregado de digestatos de diferente composición inicial de fracciones separables de residuos sólidos urbanos sobre la calidad de la materia orgánica de un suelo agrícola degradado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron botellas vidrio de color ámbar de 1060 ml de capacidad como digestores de tipo batch. Como sustrato e inóculo se trabajó con estiércol ovino obtenido de la granja experimental del Departamento de Zootecnia de la FAUBA.

Se realizaron mezclas de codigestión, todas con 10% de inóculo, a base de estiércol y diferentes fracciones separables de residuos sólidos: café, yerba y una mezcla de vegetales de uso domiciliario, resultando los siguientes tratamientos, por sextuplicado, con 500 g de mezcla preparada de manera que contuviera alrededor de un 8% de ST.

**T0:** 90% estiércol ovino y 10% inóculo

**T1:** 45% estiércol ovino, 45% café usado y 10% inóculo

**T2:** 45% estiércol ovino, 45% yerba usada y 10% inóculo

**T3:** 45% estiércol ovino, 45% residuos vegetales domiciliarios y 10% inóculo

Se determinó en las mezclas pH, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sólidos totales (%ST), sólidos fijos (%SF), sólidos volátiles (%SV) y nitrógeno Kjeldahl (N Kj) por métodos estandarizados (Page et al., 1982; APHA, 1992). Se obtuvieron las fracciones orgánicas de los diferentes sustratos según el procedimiento convencional de Schnitzer modificado por Iorio. Se determinó Corg de ácidos fúlvicos (CF) y húmicos (CH), este último por diferencia entre CF y el carbono total del extracto básico. (Bargiela, 2015). A partir de estos datos se calculó el índice de humificación (CH/CF) de los diferentes sustratos.

Los digestores se mantuvieron a temperatura constante de 34°C. El ensayo se prolongó durante 48 días. Una vez finalizado se homogeneizó el digestato de las botellas de cada tratamiento y se determinaron los mismos parámetros que en los sustratos iniciales.

Se aplicaron las mezclas obtenidas en cada caso a un suelo degradado de un invernáculo hortícola de 20 años de uso, con incorporaciones periódicas de guano de pollo como fertilizante, con un monocultivo permanente de tomate con 2 plantaciones anuales.

Se determinó en el suelo pH, CE, CIC NKj y %MO (Page et al., 1982) fraccionando químicamente la materia orgánica para calcular el índice de humificación.

Se agregaron, en macetas plásticas de 2 l, suelo y distintas cantidades de cada uno de los digestatos obtenidos para dar como resultado las siguientes mezclas:





- T0:** 100% suelo degradado.
- T11:** 98% suelo degradado + 2% digestato de T1.
- T12:** 95% suelo degradado + 5% digestato de T1.
- T13:** 90% suelo degradado + 10% digestato de T1.
- T21:** 98% suelo degradado + 2% digestato de T2.
- T22:** 95% suelo degradado + 5% digestato de T2.
- T23:** 90% suelo degradado + 10% digestato de T2.
- T31:** 98% suelo degradado + 2% digestato del T3.
- T32:** 95% suelo degradado + 5% digestato del T3.
- T33:** 90% suelo degradado + 10% digestato del T3.

En cada maceta se homogeneizó el contenido de suelo y digestato y se realizaron riegos de acuerdo con la variación en el contenido de humedad de cada recipiente, para mantener 70% de capacidad de campo (CC). T13, T23 y T33 permanecieran inundadas durante las primeras semanas del ensayo, debido al volumen de digestato inicial necesario.

El ensayo tuvo una duración de 75 días. Una vez finalizado se midieron en los diferentes tratamientos los parámetros ya determinados inicialmente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Puede observarse un aumento de CE y de N Kj en todos los tratamientos antes y después del ensayo de producción de biogas debido al efecto de concentración de nutrientes que produce la digestión anaeróbica. (Tabla 1).

Hay una ligera disminución del pH en T0, T1 y T2. T3 muestra valores de pH de hasta 4,4. Puede relacionarse con la mayor presencia de hidratos de carbono por degradar en los restos vegetales que inhiben la actividad metanogénica (Acosta y Abreu, 2005).

Tabla 1: CE, pH, ST, SF, SV, NKjeldahl y C/N en las mezclas originales (inicial) y luego de 48 días de producción. (final)

	T0	T0	T1	T1	T2	T2	T3	T3
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
<b>CE (mS/cm)</b>	1,9	2,4	1,8	1,4	1,9	1,4	4,9	4,7
<b>pH</b>	7,9	6,3	6,4	7,4	6,4	7,3	4,4	6,4
<b>ST (%)</b>	8,0	6,1	5,7	8,5	6,0	8,3	6,3	8,6
<b>SV (%)</b>	76,21	67,82	81,02	89,04	76,69	86,62	84,73	90,15
<b>SF (%)</b>	23,79	32,18	18,98	10,96	23,31	13,38	15,27	9,85
<b>N Kj (mg/Kg)</b>	560,2	907,7	1753,1	1438,5	1613,7	185,1	1944,4	320,2
<b>C/N</b>	27,46	12,55	7,19	9,73	6,10	78,33	6,19	45,91

Existe una disminución en la relación C/N en todos los tratamientos; dada la actividad microbiológica desarrollada hay una mayor liberación de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> que de NH<sub>3</sub> (Cámara y Laínez, 2001).

El aumento en la relación CH/CF en todos los tratamientos a excepción de T3 indica la mejora en la estabilidad. T3 muestra un comportamiento opuesto dado que en este caso la digestión anaeróbica se vio afectada



por una mayor duración de la etapa hidrolítica y una menor actividad de las bacterias metanogénicas por la acidificación del sustrato. Esto aumentó el contenido de ácidos fúlvicos con estructuras más sencillas de menor peso molecular, resultando un digerido más inmaduro respecto a T0, T1 y T2. (Tabla 2) (Fig. 1 y 2).

Tabla 2: Relación de carbono de ácidos húmicos (CH) y de ácidos fúlvicos (CF) en la mezcla inicial y luego de 48 días de ensayo.

	CH/CF INICIAL	CH/CF FINAL
T0	1,07	4,2
T1	0,87	7,0
T2	1,04	5,1
T3	4,65	1,5

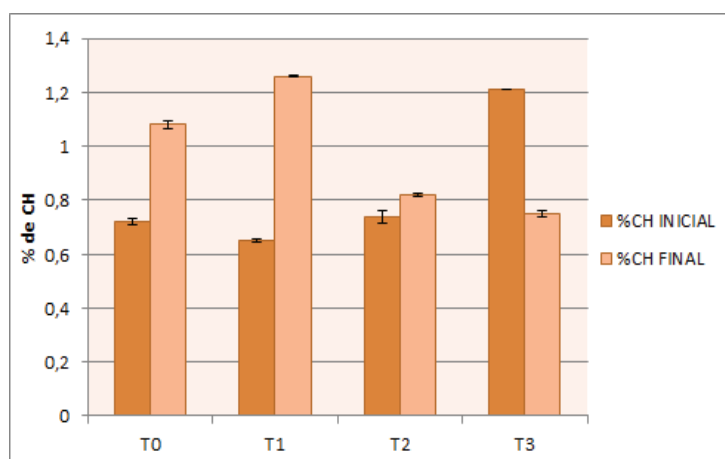


Figura 1: Variación en el contenido de carbono de ácidos húmicos (CH) entre la mezcla inicial y el digestato final luego de 48 días de ensayo.

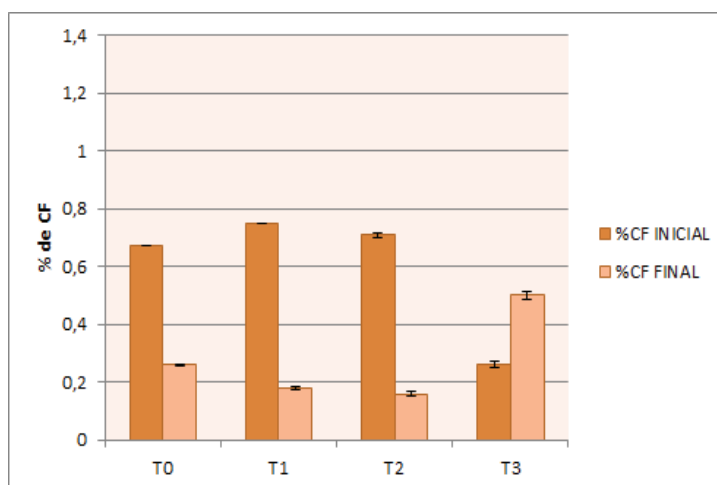


Figura 2: Variación en el contenido de carbono de ácidos fúlvicos (CF) entre la mezcla inicial y el digestato final luego de 48 días de ensayo.

Al final del ensayo se evidenció visualmente una mejora en la estructuración, porosidad, densidad aparente y contenido de materia orgánica del suelo en todos los tratamientos con incorporación de digerido. Los correspondientes al agregado de 10% de digestato muestran el mayor contraste contra el tratamiento control. Observando las características antes y después (Tabla 3 y 4) en cuanto al pH resulta un aumento a mayores dosis de digestato en todas las mezclas. asociable a una posible formación de  $\text{NH}_4^+$ . (Pocknee y Summer, 1997)

Se observa una disminución de conductividad eléctrica a mayores dosis de digestato, desde 1,13 mS/cm en



T0 hasta 0,41 mS/cm en T23. Resulta menor esa disminución en la mezcla de residuos vegetales y concuerda con que ese tratamiento tuvo una CE inicial mayor.

Tabla 3: Características físicoquímicas del suelo a usar en el ensayo

	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	CIC (meq/100g)	N Kj (mg/Kg)	%CH	%CF	CH/CF
<b>T0</b>	7,08	1,13	0,34	33,04	207,2	0,25	0,12	2,08

Tabla 4: valores de pH, CE (mS/cm) y CIC (meq/100g) para los distintos tratamientos de suelo con enmienda orgánica.

Tratamiento	pH	CE (mS/cm)	CIC (meq/100g)
<b>T0</b>	7,1	1,13	30,01
<b>T11</b>	7,4	0,93	36,30
<b>T21</b>	7,2	0,88	61,77
<b>T31</b>	7,1	1,08	57,75
<b>T12</b>	7,8	0,51	38,76
<b>T22</b>	7,7	0,53	66,60
<b>T32</b>	8,0	0,67	59,77
<b>T13</b>	7,9	0,43	23,13
<b>T23</b>	7,7	0,41	41,51
<b>T33</b>	8,6	0,53	26,46

Los resultados obtenidos luego del ensayo con la enmienda (Tabla 5) muestran un incremento del C de ácidos húmicos en todos los tratamientos, sin embargo, estos no fueron significativos ( $p > 0,05$ ) en T21 y T31. También aumentó CF en todos los tratamientos a medida que aumenta la dosis de digestivo aplicada, pero sin encontrar diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en: T11, T21, T31 y T32. Se observa un aumento en la relación CH/CF en todos los tratamientos con dosis de 2% y 5% de digestato. Con 10% de digestatos se observa una mayor proporción de ácidos fúlvicos haciendo disminuir la relación CH/CF con respecto al tratamiento control. Las condiciones reductoras producto del anegamiento ya comentado no favorecieron la estabilización de la materia orgánica como en las otras mezclas.

Tabla 5: %CH, %CF y la relación de humificación (CH/CF) luego de la enmienda del suelo.

	CH/CF	%CF	%CH
<b>T0</b>	2,08	0,12	0,25
<b>T11</b>	3,60	0,15	0,54
<b>T12</b>	2,29	0,31	0,71
<b>T13</b>	1,25	0,59	0,74
<b>T21</b>	2,13	0,16	0,34
<b>T22</b>	2,81	0,32	0,90
<b>T23</b>	1,60	0,53	0,85
<b>T31</b>	3,73	0,11	0,41
<b>T32</b>	2,89	0,28	0,81
<b>T33</b>	1,72	0,44	0,76



El aumento en el contenido de sustancias húmicas se relaciona con los cambios que sufre la materia orgánica en el proceso de digestión, transformándose en  $\text{CH}_4$  y aumentando la concentración de sustancias más recalcitrantes (Tambone et al., 2009); que continuaron reaccionando y estabilizándose durante los 75 días posteriores a la enmienda.

Los valores de CIC (Tabla 4) tuvieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto al tratamiento control en los tratamientos con dosis de 2% y 5% de yerba y residuos vegetales. T13, T23 y T33, no lograron un aumento. Esto se puede explicar ya que bajo las condiciones de anegamiento y anoxia a las que estuvieron expuestos, el proceso de estabilización de la materia orgánica se vio afectado.

## CONCLUSIONES

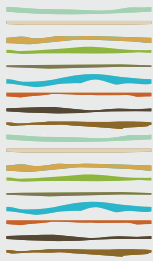
El ensayo de aplicación del digerido como enmienda a un suelo degradado permitió estudiar a los digestatos desde un enfoque diferente a su análisis como fertilizante químico y aportó datos sobre su capacidad de mejoramiento y estabilidad de la materia orgánica y CIC. La aplicación de los digeridos aumentó el contenido de CH y CF en todos los tratamientos y mejoró la CIC en los agregados de digeridos de yerba y residuos vegetales al 2% y 5%.

Por lo tanto las excretas ovinas y distintos residuos vegetales pueden ser tratados anaeróbicamente y usados para aumentar el contenido de C de la materia orgánica del suelo mejorando su estabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. 1992. Métodos Normalizados para análisis de aguas potables y residuales. Madrid, España, Ed. Díaz de Santos. S.A. 1816 pp.
- Acosta, L.Y. y Abreu, M.C.O., 2015. La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 39(1). 35-48.
- Acurio, G, Rossin, A, Teixeira, P, Zepeda, F. 2007. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Panamericana.
- Andreau, R, Gelati, P, Provaza, M, Bennardi, D, Fernández, D, Vázquez, M. 2012. Degradación física y química de dos suelos del cordón hortícola platense. Alternativas de tratamiento. *Ciencia del Suelo*. 30(2). 107-117.
- Bargiela M. 2015. Caracterización de la Materia Orgánica y su relación con los metales pesados en sedimentos del cauce del Río Matanza (Provincia de Buenos Aires, República Argentina). Memoria para acceder al grado de Doctor en Ecosistemas Terrestres, Uso Sostenible e Implicaciones Ambientales. Facultad de Ciencias Área de Edafología y Química Agrícola Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo. Universidad de Vigo. 250 p.
- Cámara Moguel, K y Laines Cánepa JR. 2001. La digestión anaerobia y la bioquímica. *KUXULKAB'*. 17 (32). 89-95.
- Campo Lopez, G.; Fernandez, G.; F. de Iorio, A.; Bargiela, M. 2013 Codigestión de fracciones separables de residuos sólidos urbanos para producción de biogás. 4to. Congreso de Ciencias Ambientales-COPIME 2013.
- Cuellas, M. 2006. Control de la salinización del suelo mediante sistemas de drenes en producciones intensivas de cultivos bajo cubierta. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Gabioud, E, Wilson, M, Sasal, M. 2011. Análisis de la estabilidad de agregados por el método de le bissonnais en tres órdenes de suelos. *Ciencia del Suelo*. 29(2). 129-139.
- Møller, J, Boldrin, A, Christensen, T. 2009. Anaerobic digestion and digestate use: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste Management & Research*. 27(8). 813-824
- Page, A, Miller, R, Keeney, D. 1982. Methods of soil analysis. Soil Science Society of America, Inc. Publisher. Madison, USA. 553p.
- Pocknee, S., Sumner, M.E., 1997. Carbon and nitrogen contents of organic matter determine its soil liming potential. *Soil Science Society of America*. 61(1). 86-92.
- Tambone F, Genevini P, D'Imporzano G, Adani F. 2009. Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. *Bioresource technology*. 100(12), 3140–3142.
- Trumbore, S y Czimczik, C. 2008. An Uncertain Future for Soil Carbon. *Science*. 321. 1455-1456.





## **VANADIO EN AGUAS DE RIEGO Y SU ACUMULACIÓN EN SUELOS**

Muzlera Klappenbach A., R. S. Lavado

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires e INBA (CONICET-UBA).  
Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires, Argentina. E-mail lavado@agro.uba.ar

### **RESUMEN**

El vanadio (V) en el agua subterránea se encuentra comúnmente en concentraciones muy bajas, pero en algunos lugares se observan concentraciones altas. Nuestro objetivo fue determinar la acumulación de V en suelos sometidos a riego durante varios años. La operación experimental consistió en un muestreo de suelos, realizado en 4 sitios sometidos a 4, 11 y 17 años de riego continuo por goteo y un testigo no irrigado. Se trabajó en una finca productora de lechuga. Todas las determinaciones se llevaron a cabo utilizando técnicas analíticas estándar. El vanadio en los suelos aumentó cuando se inició el riego con agua que contiene niveles este elemento alrededor del umbral estándar ( $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ ), pero después del cuarto año y hasta los 17 años de riego, la concentración en el perfil del suelo en su conjunto se estabilizó y aun disminuyó. La concentración de V en el perfil siguió un patrón relativamente paralelo al comportamiento de la conductividad eléctrica.

**Palabras clave:** Haplustol, irrigación, contaminación.

### **INTRODUCCION**

Debido a las condiciones geológicas propias del territorio Chaco-Pampeano, gran parte de sus aguas subterráneas presentan variables concentraciones de distintos elementos potencialmente contaminantes. El arsénico (As) es el más común elemento tóxico en los acuíferos, pero Nicolli et al., (2012) observaron la existencia de correlaciones positivas entre las concentraciones de varios de ellos. Particularmente importante es la relación entre vanadio (V) y As en las aguas subterráneas. Se ha registrado un rango de concentración del V desde trazas hasta  $3 \text{ mg V l}^{-1}$  (Farías et al., 2003). En esta región las aguas se utilizan para el consumo humano y animal y también para el riego de pequeñas parcelas (Pérez Carrera y Fernández Cirelli, 2013). El V en suelos y aguas podría afectar a los cultivos, si la irrigación con estas aguas es continua.

Reducciones en la producción de biomasa o inclusive toxicidades severas fueron observadas en varios cultivos sometidos a distintas condiciones de manejo y altas concentraciones de V (Chongkid et al., 2007; Kaplan et al., 1990; Pais y Benton Jones, 1997; Vachirapatama et al., 2011). Por otro lado, otros autores muestran mayores biomásas a bajas concentraciones de V, dependiendo de la especie, genotipo, la concentración evaluada, el suelo y la fase de desarrollo del cultivo (Buendía-Valverde et al., 2018; Hicks y Wendt, 1994; Kaplan et al., 1990; Olness et al., 2005; Vachirapatama et al., 2011). De todos modos, su esencialidad en las plantas superiores es no concluyente, aunque el V ha sido reconocido como elemento esencial para ciertas especies de algas verdes (Arnon y Wessel, 1953) y también como esencial para el hongo *Amanita muscaria* (Falandysz et al., 2007). El vanadio también puede estar involucrado en el proceso de fijación de N (Pais y Benton Jones, 1997).

Debido a la relación entre la calidad del agua de riego y su efecto sobre los suelos y cultivos, se han desarrollado estándares para clasificar la calidad de las aguas en base a la concentración de los elementos disueltos en ellas. Así, los límites establecidos inicialmente (US Salinity Laboratory Staff, 1954), dieron paso a poste-



rios avances de estos umbrales (entre otros, FAO/UNESCO, 1973). La investigación involucró gradualmente elementos traza que son tóxicos para los cultivos e incluso, en muchos casos, para humanos y animales domésticos. Entre ellos, se encuentra el V, elemento que comúnmente presenta concentraciones muy bajas en aguas subterráneas, aunque se registraron concentraciones del orden de 20 mg V l<sup>-1</sup> (Wang y Mulligan, 2006). Por ello, desde principios de la década de 1970 se empezó a evaluar al V como componente en las aguas de riego (Ayers y Westcot, 1989, FAO/UNESCO, 1973). Posteriormente, los umbrales se desarrollaron con un mayor grado de refinamiento (Rowe y Abdel-Magid, 1995).

Nuestro objetivo fue cuantificar la acumulación de V en un suelo irrigado por varios años, con un agua que posee niveles del elemento en torno al umbral estándar, en un establecimiento productor de lechuga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se extrajeron muestras de suelo en un establecimiento hortícola ubicado en Gral. Pico, La Pampa. El suelo es un Hapludol Entico serie Rivadavia, cuyas principales características son su textura franco arenosa, una distribución de horizontes A-A/C-C, con un pH entre 6 y 6.9, libre de sales y calcáreo, y bajo en materia orgánica (0,41-0,92 % de 0-20 cm prof.) (Lorda et al., 2008). El agua de riego presenta un pH cercano a la neutralidad (6,96), con predominio del bicarbonato de sodio, SAR bajo (2,99) y CE lo suficientemente alta (0.82 dSm<sup>-1</sup>) como para afectar cultivos muy sensibles. El contenido de V en el agua de riego fue de 0,104 mg l<sup>-1</sup> y el contenido de As 0,065 mg l<sup>-1</sup>. Los análisis se realizaron siguiendo técnicas estándar (Sparks et al., 1996). El muestreo fue llevado a cabo con barreno manual en invernáculos sometidos a 4, 11 y 17 años continuos de riego por goteo. También se muestreó fuera de los invernáculos, a modo de testigo no irrigado. En cada sitio se realizaron 5 extracciones por profundidad (0-20; 20-40 y 40-60 cm) a menos de 10 cm de la descarga de gotero. En cada una de las muestras se determinó el pH y la CE siguiendo técnicas estándar (Sparks et al., 1996). Las muestras de suelo se sometieron a una digestión con ácido perclórico en caliente y se determinó V total mediante un Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES), Shimadzu 9000 Simultáneo de Alta Resolución, según norma de la USEPA (2007).

Se trabajó con pseudo réplicas, pues los tratamientos no presentan verdaderas repeticiones para la evaluación estadística. Se partió del conocimiento que los suelos de los invernáculos fueron inicialmente similares y, por lo tanto, las diferencias se juzgaron subjetivamente. Como consecuencia, el nivel de inferencia estadística no va más allá del suelo que estudiamos. Con estas limitaciones, se efectuó el test de ANOVA para distinguir las diferencias significativas entre los parámetros medidos. Las medias se compararon mediante la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD; P <0,05) y análisis de contrastes no ortogonales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La composición química del agua de riego, su CE, pH, aniones y cationes presentes y valor RAS, se encuentra dentro de los valores registrados en la mayoría de los acuíferos de la región pampeana (Álvarez et al., 2020). La Tabla 1 muestra los valores de salinidad y pH de los suelos sometidos a diferentes períodos de riego. Hay un aumento gradual en el pH del suelo a medida que los suelos se someten a riego durante años. La CE presenta valores superiores en la capa superficial, en todos los casos y un ligero aumento de la salinidad entre el tratamiento testigo y el regado.

El pH en los suelos irrigados aumentó alrededor de una unidad y media respecto del nivel inicial, y la CE superó la del suelo original, pero no muestra una clara tendencia hacia una mayor concentración salina. Estos resultados no coinciden con casos de suelos irrigados bajo cubierta, en los cuales prácticamente no existe lixiviación de las sales acumuladas (Alconada et al., 1998). Este comportamiento tampoco coincide los resultados de estudios realizados en la región, que observaron la evolución de los suelos sometidos a riego complementario. En estos casos, la alcalinidad y salinidad del suelo aumentan hasta llegar a un umbral y a partir de ahí no sufre incrementos adicionales significativos (Álvarez et al., 2020). Las causas de este comportamiento no están claras, ya que en invernáculos con riego más antiguo puede haber ocurrido diversos eventos de los que actualmente se carece de información. Entre ellos, cambios en los caudales de riego



aplicados, variaciones en la composición química del agua, entrada de agua de lluvia en las zonas de cultivo, etc., que pueden haber afectado la evolución de la concentración salina.

La Tabla 2 muestra la media del V del suelo en las diferentes capas muestreadas. La concentración de V presenta un aumento hasta el cuarto año de riego, pero luego la concentración se estabiliza y baja a los 17 años y solo presenta ligeras variaciones, especialmente entre capas.

*Tabla 1. Conductividad eléctrica y pH del suelo a diferentes profundidades y tratamientos.*  
*Table 1. Electrical conductivity and soil pH at different depths and treatments.*

Sitio	Prof. (cm)	pH	CE (dSm <sup>-1</sup> )
Testigo	0- 20	7.01	0.89
	20-40	6.95	0.86
	40-60	7.20	0.84
4 años riego	0- 20	8.27	5.10
	20-40	8.84	2.43
	40-60	8.62	3.33
11 años riego	0- 20	8.40	8.33
	20-40	8.74	2.88
	40-60	8.73	2.40
17 años riego	0- 20	8.65	3.60
	20-40	8.83	2.45
	40-60	8.81	1.96

La concentración de V presente en el suelo aumentó un escalón de alrededor del 26 %, que luego se estabilizó e incluso tendió a disminuir: Los resultados del muestreo del suelo irrigado por 17 años no se diferenciaron de los resultados iniciales. Es interesante observar que la concentración de V en el perfil es relativamente paralela al comportamiento de la CE y al pH, teniendo con este último un coeficiente de correlación de Pearson de 0.43 ( $p > 0.0021$ ).

La concentración de V en el agua de riego utilizada estuvo en torno al valor límite de aplicación durante periodos largos de riego, según Rowe y Abdel-Magid (1995). Estos últimos autores recomendaron valores de V de 0,1 mg l<sup>-1</sup> como concentración máxima en riegos largos y de 1,0 mg l<sup>-1</sup> como concentración máxima en riegos cortos. En una revisión posterior, Jeong et al (2016) indicaron que la FAO y varios países consideran un límite para V en aguas de riego de 0,1 mg l<sup>-1</sup>, la USEPA estableció 0,2 V mg l<sup>-1</sup> y que en Chipre se estableció un umbral de 2 V mg l<sup>-1</sup>.





Tabla 2. Valores promedio de V, y su desviación estándar, en el suelo, de acuerdo con los 4 tratamientos estudiados.  
 Table 2. Average values of V, and its standard deviation, in the soil, according to the 4 treatments studied

Tratamientos	Prof. (cm)	V (mgkg <sup>-1</sup> )
Testigo	0- 20	22.54 a
	20-40	24.18 a
	40-60	21.99 a
4 años riego	0- 20	27,96 c
	20-40	25.96 ab
	40-60	28,06 c
11 años riego	0- 20	25.74 ab
	20-40	27.63 bc
	40-60	27.24 bc
17 años riego	0- 20	25.25 ab
	20-40	24.94 a
	40-60	24.32 a

A modo de ilustración y corroborando los resultados presentados en la Tabla 2, la Figura 1 muestra gráficamente la evolución de la concentración de V media de los perfiles de suelo (0-60 cm).

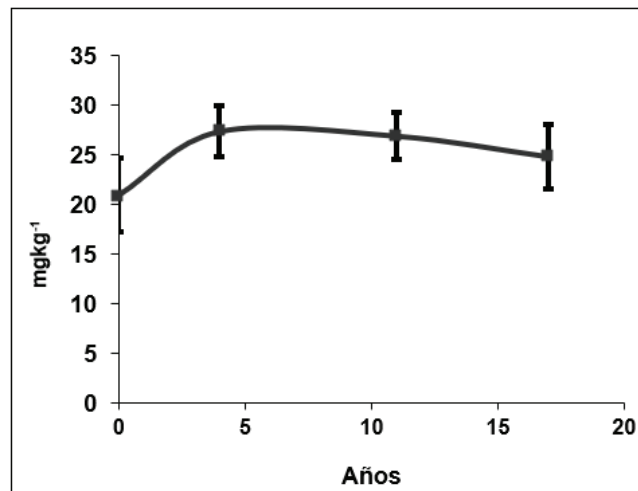


Figura 1. Valores y desviaciones estándar de las determinaciones de V en el perfil de suelo analizado (promedio 0-60 cm) a lo largo de los años.

Figure 1. Values and standard deviations of V determinations over the years, in the analyzed soil profile (average 0-60 cm).

## CONCLUSIONES

La concentración de V en los suelos aumentó cuando se inició el riego con agua que contiene niveles de ese elemento alrededor del umbral estándar, pero después del cuarto año y hasta los 17 años de riego, la concentración en el perfil del suelo en su conjunto se estabilizó.

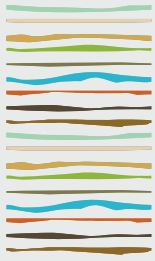
Estos resultados muestran que los suelos pueden acumular algo de V cuando el agua de riego está alrededor del límite establecido del elemento en el agua de riego. Sin embargo, el suelo está lejos de llegar a la zona de riesgo de acumulación de niveles tóxicos de V para los cultivos.



## BIBLIOGRAFIA

- Alconada, M., Minghinelli, F. y Balcaza, L. (1998). Degradación de suelos de invernáculo, Gran La Plata. La calidad del agua de riego. *Avances en el Manejo del Suelo y Agua UNLP*.
- C.A.; Rimski Korsakov, H. y Torres Duggan, M. Effects of supplementary irrigation on soils and crops in sub-humid areas in the Pampas Region of Argentina. *Saline and Alkaline soils in Latin America: Natural Resources, Management and Productive Alternatives*. Springer Nature. .
- Arnon, D.I y Wessel, G. (1953). Vanadium as an essential element for green plants. *Nature* 172, 1039–1040.
- Ayers R. y Westcot D. 1989. Water quality for agriculture. *Irrigation and Drainage*. Paper n° 29 rev 1. FAO,
- Buendía-Valverde, M.L. y Trejo-Téllez, L.I., Corona-Torres, T. y Aguilar-Rincón, V. H. (2018). Cadmio, talio y vanadio afectan diferencialmente la germinación y crecimiento inicial de tres variedades de Chile. *Rev. Internacional de Contaminación Ambiental*, 34: 737-749.
- Chongkid, B., Vachirapattama, N. y Jirakiattikul, Y. (2007). Effects of vanadium on rice growth and vanadium accumulation in rice tissues. *Kasetsart Journal (Nat. Sci.)* 41, 28–33.
- Falandysz, J., Kunito, T., Kubota, R., Lipka, K., Mazur, A., Falandysz, J. J. y Tanabe, S. (2007). Selected elements in fly agaric *Amanita muscaria*, *Journal of Environmental Sciences and Health Part A*, 42, 1615–1623.
- FAO/UNESCO (1973) Irrigation, Drainage and Salinity. *An International Sourcebook*. UNESCO/Hutchinson, London. .
- Fariás, S.S., Casa, V.A., Vázquez, C., Ferpozzi, L., Pucci, G.N., y Cohen, I.M. (2003). Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. *Science of the Total Environment* 309, 187–199.
- Hicks, S. K. y Wendt, C.W. (1994). Effect of Foliar Application of Vanadium on Cotton Growth and Yield. *Proceedings of the 1994 Beltwide Cotton Conference*, Memphis TN.
- Jeong, H., Kim, H. y Jang, T. (2016). Irrigation Water Quality Standards for Indirect Wastewater Reuse in Agriculture: A Contribution toward Sustainable Wastewater Reuse in South Korea. *Water*, 8, 169; doi:10.3390/w8040169
- Kaplan, D., Sajwan, K., Adriano, D. y Gettier, S. (1990). Phytoavailability and toxicity of beryllium and vanadium. *Water, Air, and Soil Pollution* 53, 203–212.
- Kalra Y. 2019. *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. CRC Press. London UK.
- Lorda, H., Roberto, Z., Bellini Saibene, Y., Sipowicz, A., y Belmonte, M. L. 2008. *Descripción de zonas y subzonas agroecológicas RIAP. Área de influencia de la EEA Anguil*. E.E.A. INTA Anguil. La Pampa..
- Nicolli, H.B., Bundschuh, J., Blanco, M. del C., Tujchneider, O.C., Panarello, H.O., Dapeña, C. y Rusansky, J.E. (2012). Arsenic and associated trace-elements in groundwater from the Chaco-Pampean plain, Argentina: Results from 100 years of research. *Science of the Total Environment* 429, 36–56.
- Olness, A., Gesch, R., Forcella, F., Archer, D., y Rinke, J. (2005). Importance of vanadium and nutrient ionic ratios on the development of hydroponically grown *Cuphea*. *Industrial Crops and Products* 21, 165–171.
- Pais, I., Benton Jones, J. 1997. *The handbook of Trace Elements*. St. Lucie Press, Florida. USA.
- Pérez Carrera, A., y Fernández Cirelli, A. (2013). Niveles de arsénico y vanadio en aguas naturales en el Departamento de Unión, sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *AUGM DOMUS* 5, 19-28.
- Rowe, R.R. y Abdel-Magid, I.M. (1995). *Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse*. CRC Press, Londres. ISBN 9780873716710
- Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A. Johnson, C.T. y Sumner, M.E. (1996). *Chemical Methods*. ASA-SSSA Book Series, Madison, Wisconsin, USA.
- US Salinity Laboratory Staff (1954). *Improvement of saline and alkali soils* United States Department of Agriculture Handbook No. 60. Washington.
- USEPA (2007), *Guidance for Evaluating the Oral Bioavailability of Metals in Soils for Use in Human Health Risk Assessment*: <https://semspub.epa.gov/work/03/2218794.pdf>.
- Vachirapatama, N., Jirakiattikul, Y., Dicoski, G., Townsend, A.T., y Haddad, P.R. (2011). Effect of vanadium on plant growth and its accumulation in plant tissues. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 33, 255–261.
- Wang, S., y Mulligan, C.N. (2006). Occurrence of arsenic contamination in Canada: Sources, behavior and distribution. *Science of the Total Environment* 366, 701–721





## ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE DE CAMA DE POLLO PARA SU UTILIZACIÓN COMO ENMIENDA DE SUELO

Okada, E.<sup>1\*</sup>, D. Pérez<sup>1</sup>, W. Carciochi<sup>1,2</sup>, M.C. Pellegrini<sup>3</sup>, A. Ponce<sup>3</sup>, C. Lavallén<sup>4</sup>, M. Dopchiz<sup>4</sup>, B. Young<sup>5</sup>, M. d. R. Franco<sup>1</sup>, A. M. Di Martino<sup>6</sup>, P. Rizzo<sup>7</sup>

<sup>1</sup> IPADS Balcarce (INTA-CONICET);

<sup>2</sup> FCA UNMDP;

<sup>3</sup> GIIA-Fac. de Ing. UNMDP CONICET;

<sup>4</sup> Lab. Zoonosis Parasitarias IIPROSAM FCEyN UNMDP CONICET;

<sup>5</sup> IMyZA INTA Castelar;

<sup>6</sup> EEA Pergamino INTA, <sup>7</sup> EEA Mendoza INTA

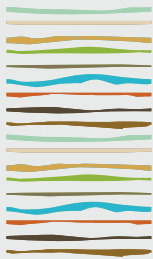
\* EEA Balcarce INTA Ruta 226, km 73.5, (7620) Mar del Plata, Prov. de Bs. As., okada.elena@inta.gob.ar

### RESUMEN

La cama de pollo (CP) es el principal desecho en la cría de aves de engorde y es utilizada comúnmente sin ningún tratamiento como una enmienda de suelo en la producción hortícola. El compostaje se presenta como una alternativa para transformar la CP en un producto con valor agregado y libre de sustancias nocivas. El objetivo de este trabajo fue comparar la calidad, estabilidad, madurez y sanidad de compost de CP obtenido mediante diferentes tratamientos. 30 tn de CP se distribuyeron en 9 pilas de 3 m<sup>3</sup> cada una. Se aplicaron tres tratamientos por triplicado: i) CAP<sub>19</sub>: pilas estáticas con aireación pasiva y relación C:N=19, ii) CAM<sub>19</sub>: pilas con aireación mecánica y C:N=19, iii) CAM<sub>30</sub>: pilas con aireación mecánica y agregado de viruta para una C:N=30:1 (óptima). La aireación mecánica de CAM<sub>19</sub> y CAM<sub>30</sub> se realizó a los 2, 7, 14, 21, 29, 35, 63 y 93 días. Periódicamente, se midió la temperatura de las pilas y se mantuvo la humedad en 60% mediante riego. Se tomaron muestras de CP inicial y al día 134. Los parámetros evaluados, según la Normativa de Compost, fueron: -*Nivel de patógenos*: *Salmonella* spp. y *Ascaris lumbricoides*; -*Estabilidad*: carbono soluble en agua (CSA) y relación CSA:N total; -*Madurez*: N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, relación N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; índice de germinación (IG) de rabanito; -*Calidad*: pH, conductividad eléctrica (CE), relación C:N, materia orgánica, metales pesados (Pb, As, Cd, Cu, Cr, Zn). Al día 3, todos los tratamientos alcanzaron la etapa termofílica (>45°C). A partir del día 7, las temperaturas en CAM<sub>19</sub> y CAM<sub>30</sub> se mantuvieron entre 55°C y 70°C por más de 36 días, asegurando la higienización del material. Mientras que en CAP<sub>19</sub>, las temperaturas no superaron los 55°C. No se detectó la presencia de patógenos tanto en la CP inicial como en los compost. El CSA y CSA:N disminuyeron significativamente en CAM<sub>19</sub> y CAM<sub>30</sub>, mientras en CAP<sub>19</sub> se mantuvo igual a la CP inicial. Luego del compostaje, el pH aumentó significativamente en los tratamientos CAM<sub>19</sub> y CAM<sub>30</sub>, mientras que en CAP<sub>19</sub> no varió. En los tres tratamientos se redujo significativamente: CE (60%), N total (45%), N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (95%), relación N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (88%) y toxicidad (76%), respecto de la CP inicial. El agregado de viruta de madera con conservantes produjo una acumulación de As y Cr en CAM<sub>30</sub>. Se observó acumulación de Pb en los compost aireados. Según la Normativa, los compost CAM<sub>19</sub> y CAM<sub>30</sub> cumplen con los requisitos de sanidad, estabilidad y madurez (excepto N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ninguno de los compost cumple con el pH y en CAM<sub>30</sub> el As superó los niveles permitidos. Por lo tanto, el compostaje CAM<sub>19</sub> permite obtener un producto sanitizado, maduro, estable y con menor fitotoxicidad que la CP.

**Palabras clave:** residuo, abono, hortícola.





## MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LECHUGA POR APLICACIÓN DE COMPOST DE CAMA DE POLLO

Okada, E.<sup>1\*</sup>, W. Carciocchi<sup>1,2</sup>, D. Pérez<sup>1</sup>, F. Cafaro La Menza<sup>1</sup>, E. Adlercreutz<sup>3</sup>, K. Hernández Guijarro<sup>1</sup>, B. Young<sup>4</sup>, P. Rizzo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> IPADS Balcarce (INTA-CONICET);

<sup>2</sup> FCA UNMDP;

<sup>3</sup> AER Mar del Plata;

<sup>4</sup> IMYZA, INTA Castelar;

<sup>5</sup> EEA Mendoza INTA

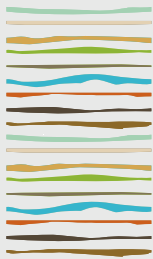
\* EEA Balcarce INTA Ruta 226, km 73,5 (7620) Mar del Plata, Prov. de Bs. As., okada.elena@inta.gob.ar

### RESUMEN

La cama de pollo (CP) es utilizada como enmienda orgánica en cultivos hortícolas del Cinturón Hortícola de Mar del Plata. Generalmente es aplicada sin ningún tratamiento por lo cual es un material inestable con alta carga orgánica, de nutrientes y sales. El tratamiento mediante compostaje permitiría mejorar la calidad de la enmienda para su uso agronómico. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de CP sin compostar y compostada sobre las propiedades edáficas y la productividad de un cultivo de lechuga criolla (*Lactuca sativa* L.). Para evaluar estas variables, se diseñó un experimento a campo en un lote productivo hortícola donde se aplicaron tres tipos de compost de CP: i) CAP<sub>19</sub>: compostaje con aireación pasiva (C:N=19), ii) CAM<sub>19</sub>: compostaje con aireación mecánica (C:N=19) y iii) CAM<sub>30</sub>: compostaje con aireación mecánica y relación C:N óptima (30:1). Estos compost se aplicaron al suelo a una dosis de 40 tn/ha previo a la implantación de la lechuga. Los tratamientos fueron T1: control (sin agregado de enmienda ni fertilizante); T2: compost CAM<sub>30</sub>; T3: compost CAM<sub>19</sub>; T4: compost CAP<sub>19</sub>; T5: CP sin compostar. Tanto al inicio como al momento de cosecha (39 días) se tomaron muestras de suelo (0-20 cm) y se midieron los siguientes parámetros: conductividad (CE), pH, materia orgánica (MO), N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y P-Bray. Al momento de la cosecha, se determinó el rendimiento en biomasa del cultivo y contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en hoja. Al inicio, el control presentó una CE y contenido de P-Bray significativamente más bajo que los suelos que recibieron compost y CP. Mientras que no hubo diferencias entre tratamientos en el pH ni el contenido de MO, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Al finalizar el ensayo, no se encontraron diferencias entre tratamientos en la CE, el pH y P-Bray. Se observó un aumento significativo en el contenido de MO en los tratamientos T4 y T5 comparado con el T1. Por otro lado, el contenido de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> fue más bajo en T1 y solo difirió significativamente con el T3. El N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fue mayor en T1 con respecto a los demás tratamientos. El rendimiento del cultivo fue significativamente mayor en T2 y T3 (42 tn/ha), comparado con el resto de los tratamientos (30 tn/ha). Por lo tanto, el uso de CP compostada aireada como enmienda produjo un aumento en el rendimiento del 40%. Respecto al peso seco, se obtuvo un mayor peso en las lechugas del T2, mientras que el menor valor se obtuvo para el tratamiento T5. En cuanto al contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en hoja, no hubo diferencias entre tratamientos. Los resultados indican que la CP compostada con aireación tiene un efecto beneficioso en el cultivo de lechuga comparado con la CP sin compostar y CP compostada sin airear.

**Palabras clave:** valorización, residuo, hortícola





## ROL DE *EPICHLÖË OCCULTANS* SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE *LOLIUM MULTIFLORUM* EN SUELOS ENMENDADOS CON BIOSÓLIDOS

Ovejero A.M. de las N.<sup>1,2\*</sup>, S.I.Torri<sup>2</sup>, P.E. Gundel<sup>2,4</sup>, A.I. Menéndez<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Química Inorgánica y Analítica, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina;

<sup>2</sup>Instituto de investigaciones fisiológicas y ecológicas Vinculadas a la Agronomía (IFEVA), Universidad de Buenos Aires - Conicet, Argentina;

<sup>3</sup>Cátedra de Ecología, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina;

<sup>4</sup>Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Talca, Talca, Chile.

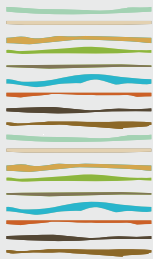
aovejero@agro.uba.ar

### RESUMEN

El tratamiento de efluentes domiciliarios genera biosólidos como subproducto de la depuración de las aguas. Estos barros, poseen numerosas cualidades como enmienda orgánica por su composición rica en nutrientes. Sin embargo, su aplicación está condicionada por el contenido de elementos traza que incorporan al suelo. La fitorremediación es una opción de bajo costo con capacidad de inmovilizar o remover estos contaminantes poco móviles. Algunos estudios sugieren que las asociaciones simbióticas con microorganismos mejoran la tolerancia de las plantas al estrés abiótico. El objetivo de este trabajo fue estudiar la capacidad del hongo endófito *Epichloë occultans* para mejorar el desempeño del pasto *Lolium multiflorum* Lam. (Raigrás anual) en un suelo enmendado con dosis crecientes de biosólidos. La hipótesis es que el efecto positivo de la simbiosis con hongos endófitos sobre la capacidad de las plantas de crecer y establecerse depende de la concentración de la enmienda orgánica. Se realizó un experimento con raigrás anual infectado (E+) y no infectado (E-) con *Epichloë occultans*. Ambos biotipos se cultivaron en sustratos enmendados con 3 dosis de biosólidos ( $B_0$ , control;  $B_1$ ,  $31,5g_{\text{Biosólido}} \cdot Kg_{\text{Suelo}}^{-1}$ ; y  $B_2$ ,  $62,5g_{\text{Biosólido}} \cdot Kg_{\text{Suelo}}^{-1}$ ) resultando en 6 tratamientos como la combinación de los factores. Se midió porcentaje de emergencia en el tiempo y productividad de biomasa aérea (BMA) húmeda y seca. Así mismo, se contabilizó el número final de individuos establecidos y su macollaje. Se observó que la dosis de biosólidos retrasa la germinación y emergencia de *L. multiflorum* independientemente del biotipo. En todos los tratamientos se establece el mismo número de individuos. En cuanto al macollaje, la aplicación de la enmienda aumenta significativamente el número de macollos promedio por individuo comparado al  $B_0$  pero no hay cambios entre  $B_1$  y  $B_2$ . La BMA aumentó con la enmienda tanto en el peso seco como húmedo (g) siendo mayor para E+ en  $B_1$  y  $B_2$ . El endófito es clave en la producción de biomasa en sustratos con contenido elevado de biosólidos, sin afectar el número final de macollos o de plantas establecidas.

**Palabras clave:** hongos endófitos, simbiosis, elementos traza, enmienda orgánica.





## **RESPUESTA BIOLÓGICA DE CÉLULAS DE PIEL Y PULMÓN AL POLVO EÓLICO DE CAMINOS RURALES DE LA PAMPA**

Ulchak, T.<sup>1</sup>, I. Fenoy<sup>1</sup>, N. Ramirez Haberkon<sup>2</sup>, F. Astort<sup>1</sup>, N.S. Orona<sup>1</sup>, J. E. Panebianco<sup>2</sup>, M. Mendez<sup>2</sup>, A. Goldman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Tecnologías Emergentes y Ciencias Aplicadas (ITECA), UNSAM, CONICET, LIVA\_CESyMA\_ECyT, Colectora Avenida General Paz 5445 (B1650WAB) San Martín, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP) - CONICET - UNLPam. Mendoza 109 (L6302EPA) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

[juanespanebianco@gmail.com](mailto:juanespanebianco@gmail.com)

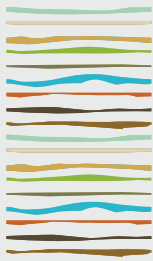
### **RESUMEN**

Los agroquímicos y sus derivados tienden a permanecer asociados a las partículas menores a diez micrones (PM10). Estas partículas, son emitidas desde el suelo al ambiente por erosión eólica y por la circulación de vehículos. Los caminos no pavimentados son una fuente relativamente grande de emisión de PM10. El PM10 puede permanecer en suspensión y viajar largas distancias, e incrementar la prevalencia de enfermedades cardiorespiratorias, alérgicas y cáncer, y sus efectos están relacionados con su composición organomineral y la presencia de restos de agroquímicos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del polvo respirable (PM10) emitido por caminos no pavimentados de zonas de cultivo intensivo sobre células pulmonares (A549) y cutáneas (HaCaT), utilizando la presencia de Glifosato y AMPA como indicadores de intensidad de uso de agroquímicos en el área. Se obtuvieron muestras de diferentes caminos utilizando un generador de partículas denominado Easy Dust Generator. La concentración de glifosato y AMPA en las partículas se midió en INTA Balcarce mediante espectrometría de masas en tándem de cromatografía líquida de ultra rendimiento (UPLC-ESI-MS/MS). Las células A549 y HaCaT se expusieron in vitro a PM en diferentes concentraciones (1; 10 y 100 µg/ml) emitido por muestras de caminos internos (glifosato 7291 µg/Kg; AMPA 1152 µg/Kg) y externos (glifosato 89 µg/Kg ; AMPA 141 µg/Kg) a un predio agrícola de uso intensivo. A las 24 horas, se evaluó la viabilidad celular (MTT), la actividad de lactato deshidrogenasa (LDH) y la liberación de citoquinas IL-8 (ELISA). Las células A549 que fueron expuestas a las dosis máximas de PM mostraron un aumento de alrededor de 100% en la producción de IL-8 para ambos grupos de partículas (P<0.001) y un aumento de LDH de aproximadamente un 50% sólo cuando las células estuvieron expuestas a la mayor concentración de PM de caminos internos. No se detectaron cambios para MTT. Con respecto a las células HaCaT, encontramos que la exposición a PM de caminos sin pavimentar con alta carga de glifosato y AMPA provocó un aumento de LDH sólo en la dosis de 100 µg/ml (P<0.01), sin cambios en MTT. Ambos grupos de PM aumentaron un 40% los niveles de IL-8 en las dosis de 1 y 10 µg/m, pero disminuyeron significativamente para la dosis más alta, de 100 µg/ml. Estos resultados indican que las partículas provenientes de caminos rurales pueden inducir inflamación y citotoxicidad tanto en pulmón como en piel. Es necesario seguir evaluando los efectos de estas interacciones en la respuesta celular.

**Palabras clave:** material particulado, respuesta biológica, erosión eólica.







## **EFFECTO DEL POLVO EÓLICO DE CAMINOS RURALES SOBRE LA PIEL Y LA RESPUESTA INMUNOLÓGICA**

Azzi, C.<sup>1</sup>, I. Fenoy<sup>1</sup>, T. Ulchak<sup>1</sup>, N.S. Orona<sup>1</sup>, V. Martin<sup>1</sup>, N. B. Ramirez Haberkon<sup>2</sup>, M. Mendez<sup>2</sup>, J.E. Panebianco<sup>2</sup>, A. Goldman<sup>1</sup>, F. Astort<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Tecnologías Emergentes y Ciencias Aplicadas (ITECA), UNSAM, CONICET, LIVA\_CESyMA\_ECyT, Colectora Avenida General Paz 5445 (B1650WAB) San Martín, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP) - CONICET - UNLPam. Mendoza 109 (L6302EPA) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

[juanespanebianco@gmail.com](mailto:juanespanebianco@gmail.com)

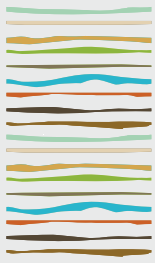
### **RESUMEN**

Las menores a diez micrones (PM<sub>10</sub>) son emitidas desde el suelo al ambiente por erosión eólica y por la circulación de vehículos. Los agroquímicos y sus derivados tienden a permanecer asociados al PM<sub>10</sub> del suelo. Los caminos no pavimentados son una fuente relativamente grande de emisión de PM<sub>10</sub>. Una vez emitido, el PM<sub>10</sub> puede permanecer en suspensión, viajar largas distancias, e incrementar la prevalencia de enfermedades alérgicas. Existen pocos trabajos sobre los efectos del material particulado de origen rural en los desórdenes alérgicos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del polvo eólico (PM<sub>10</sub>) emitido por caminos no pavimentados de zonas de cultivo intensivo sobre la respuesta inmune innata, utilizando la presencia de Glifosato y AMPA como indicadores de intensidad de uso de agroquímicos en los suelos del área de estudio. Se obtuvieron muestras de suelo de dos caminos rurales utilizando un generador de partículas denominado Easy Dust Generator. La concentración de glifosato y AMPA en las partículas se midió en INTA Balcarce mediante espectrometría de masas en tándem de cromatografía líquida de ultra rendimiento (UPLC-ESI-MS/MS). Se utilizaron hembras BALB/c de 5 semanas. El material particulado se administró por instilación intranasal (1mg/kg BW) y parche epicutáneo (16µg/cm<sup>2</sup>). Después de 24 horas, se evaluó la población de ILC2 mediante citometría de flujo y se analizaron los niveles de citoquinas (IL-10, IL-5, IFN- $\gamma$  e IL-6) en sobrenadantes de esplenocitos y células de ganglio linfático de drenaje braquial (DLN) estimuladas ex vivo con PMA /Ionomicina por ELISA. Los ratones expuestos a PM con alta carga de glifosato/AMPA mostraron niveles aumentados de IL-6 ( $p < 0,01$ ) en los esplenocitos y niveles reducidos de IFN- $\gamma$  e IL-10 en DLN ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ ), mientras que los ratones expuestos a PM con menor carga de Glifosato/ampa mostraron un aumento de IL-5 y niveles de IL-10 ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ ) en esplenocitos sin cambios en DLN. Curiosamente, los ratones expuestos a cualquiera de los 2 tipos de PM mostraron un aumento significativo en la población de ILC2 en DLN ( $p < 0,05$ ) sin cambios en el bazo. Estos resultados sugieren que la exposición a las partículas emitidas por los caminos sin pavimentar de zonas rurales pueden alterar la piel y provocar un aumento de la ILC2 y alteraciones sistémicas de las citoquinas, posiblemente involucradas en una mayor susceptibilidad a desarrollar enfermedades alérgicas. Presumiblemente, los efectos se producirían por una interacción entre composición de las partículas y contenido de agroquímicos. La concentración de químicos no sería la única variable capaz de producir una respuesta a nivel celular. Esto podría explicar la variabilidad de resultados publicados hasta el momento sobre efectos de los agroquímicos en organismos y ambiente. Se pretende seguir evaluando los efectos de partículas de distintos suelos bajo distintas intensidades de uso.

**Palabras clave:** material particulado, alergia, erosión eólica.







## **CAMBIOS EN LOS ATRIBUTOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SUELO POR APLICACIÓN CONTINUA DE EFLUENTE PORCINO**

Pegoraro, V.R<sup>1</sup>, O. Bachmeier<sup>2</sup>, S. Hang<sup>2</sup>, C. Lorenzon<sup>1</sup>; A.J. Barbosa<sup>1</sup>, J. Ortiz, M.S. Zubillaga<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup>Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

<sup>3</sup>Cátedra de Fertilidad de Suelos. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

\* Ruta Provincial 12, km 3,5 (2580) Prov. De Córdoba, [pegoraro.vanesa@inta.gob.ar](mailto:pegoraro.vanesa@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

En la provincia de Córdoba, gran parte de los efluentes porcinos se gestionan aplicándolos al suelo como enmiendas o fertilizantes. En estos sistemas intensivos, el monitoreo permanente del suelo es importante para mantener la sostenibilidad de la actividad agrícola. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar cambios en los atributos químicos y microbiológicos de suelo por la aplicación continua de efluente, en suelos agrícolas de establecimientos porcinos. Este estudio se realizó en el departamento Marcos Juárez, Provincia de Córdoba. Se seleccionaron seis establecimientos que realizaban aplicaciones de efluente porcino, con una antigüedad mínima de cinco años. Se realizó un muestreo de suelo en 0-10 cm de profundidad, y determinaron parámetros químicos y microbiológicos de suelo. Se evidenció que los suelos que recibieron aplicaciones de efluentes porcinos en forma prolongada presentaron un incremento de indicadores químicos y microbiológicos de calidad del suelo. Sin embargo, se observa un marcado aumento en Pe, FAc, K, CE y Na. El aumento en estas variables puede estar relacionado a características propias del efluente porcino (composición química) y prácticas de manejo empleadas (elevadas dosis de aplicación). Por tal motivo, conocer cómo se modifican estos indicadores permitirá adoptar las mejores prácticas de manejo para que las actividades agropecuarias sean económica y ambientalmente viables. Alternativas de manejo para disminuir estos riesgos ambientales podrían ser dosificar el efluente en función de la concentración de P o combinar las aplicaciones de efluente con fertilización mineral con el objetivo de proporcionar los nutrientes necesarios para los cultivos, evitando aplicaciones en exceso de uno o más nutrientes específicos.

**Palabras clave:** sodio, potasio, estiércol.

### **INTRODUCCION**

En la provincia de Córdoba, gran parte de los efluentes porcinos se gestionan aplicándolos al suelo como enmiendas o fertilizantes, por la concentración de las existencias animales en suelos aptos para la agricultura. El uso adecuado de los efluentes implica diversas ventajas sobre la fertilidad química, biológica y física del suelo. El reciclaje de los mismos viene promovido por su contenido de materia orgánica (MO), macro y micronutrientes disponibles para los cultivos, y se encuentra limitado por su elevada conductividad eléctrica (CE), metales pesados y microorganismos fecales y patógenos (Gómez-Garrido, 2014). Lamentablemente, existe un déficit de gestión agrícola debido a carencias en el conocimiento, y también a la limitada aplicación práctica del conocimiento que se dispone (Teira-Esmatges, 2008).

Los efluentes suelen ser considerado por el productor como un residuo, realizando aplicaciones sin control al suelo, lo cual puede provocar contaminación directa o difusa de los recursos naturales. La elevada cantidad que se aplica en los mismos sitios, por periodos prolongados, puede exceder la capacidad de soporte de los



suelos (Giroto et al., 2010), por tal motivo, en estos sistemas intensivos, el monitoreo permanente del suelo es importante para la sostenibilidad de la actividad agrícola. Los indicadores químicos y microbiológicos de calidad del suelo pueden indicar problemas o mejoras en el ambiente edáfico por la aplicación sucesiva de efluentes porcinos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar cambios en los atributos químicos y microbiológicos de suelo por la aplicación continua de efluente porcino, en suelos agrícolas de establecimientos porcinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el departamento Marcos Juárez, Provincia de Córdoba. Los suelos predominantes son Molisoles, profundos, con un horizonte superficial rico en MO y bien estructurado que facilita el movimiento superficial del aire y agua (INTA, 1978). Se seleccionaron seis establecimientos porcinos que realizaban aplicaciones de efluente porcino, con una antigüedad mínima de cinco años. Se realizó un muestreo de suelo (0-10 cm de profundidad) en el año 2017 en los meses de mayo, junio y julio. Se determinaron parámetros químicos y microbiológicos de suelo: carbono orgánico del suelo (COS), N orgánico del suelo (NOS), P extraíble (Pe), pH y CE (suelo-agua de 1:2,5), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) (Sparks, 1996), MO particulada (MOP) (106  $\mu\text{m}$ ) (Cambardella & Elliott, 1993) y posteriormente N orgánico particulado (NOP) y CO particulado (COP) por combustión seca con TruSpec CN (LECO). N anaeróbico (Nan) (Echeverría et al. 2000), C de la biomasa microbiana (CBM) (Vance et al., 1987), respiración microbiana (RM) (Jenkinson & Powlson, 1976), coeficiente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) (RM/CBM), hidrólisis de fluoresceína diacetato y fosfatasa ácida (Alef y Nannipieri, 1995).

Para el análisis de datos e interpretación de la información se empleó Infostat Professional (Di Rienzo et al., 2017). Se aplicó un modelo lineal mixto homocedástico, tomando como efecto fijo las situaciones (suelos con y sin aplicaciones de efluente) y como efecto aleatorio los diferentes establecimientos porcinos. Cuando existieron diferencias significativas en las variables medidas se realizó la prueba de comparación de medias mediante LSD Fisher con significancias del 5%. Finalmente, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para analizar la variabilidad de los tratamientos con los parámetros edáficos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El COS está estrechamente relacionado con propiedades físicas, químicas y biológicas, y por lo tanto es uno de los indicadores más importante de calidad del suelo. Mantenerlo o aumentarlo es fundamental para la fertilidad del suelo y la producción de los cultivos (Ghosh et al, 2012; He et al., 2015). Los parámetros biogeoquímicos medidos en este estudio se indican en la Tabla 1. Los suelos con aplicaciones de efluentes mantuvieron las reservas de COS, NOS, sus fracciones lábiles y el Nan, con una tendencia a incrementarse al aplicarse efluente, sin cambios significativos ( $p > 0,05$ ). El Pe se incrementó un 116% ( $p < 0,05$ ) en suelos con aplicaciones de efluente porcinos en relación a situaciones que no recibieron efluentes (control). Diversos autores reportan acumulación de P en los estratos superiores del suelo, relacionándolo directamente con la alta cantidad de P adicionado con efluente (Berwanger et al. 2008; Lourenzi et al. 2013). El pH del suelo no se vio modificado ( $p > 0,05$ ), mientras que la CE y Na aumentó en los suelos que recibieron aplicaciones de efluente ( $p < 0,05$ ). Varios autores evidenciaron resultados similares con el agregado de efluente porcino, lo cual puede atribuirse a la adición de sales solubles presente en el efluente y que proceden de la dieta de los animales (Saviozzi et al, 1997). Este incremento es una de las principales limitantes en el uso agronómico del efluente porcino, debido a que con el tiempo puede conllevar a degradaciones edáficas. Sin embargo, en este muestreo en particular, los valores observados estuvieron por debajo de los niveles para reducir el rendimiento de los cultivos ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Maas, 1977). El K también se incrementó en un 17% en suelos con efluentes, mientras que el Ca y Mg no se vieron modificados por dicha práctica (Tabla 1).



Tabla 1. Respuesta de las aplicaciones de efluente porcino a mediano plazo sobre indicadores químicos y microbiológicos de calidad del suelo en 0-10 cm de profundidad en el departamento Marcos Juárez, Córdoba.

Propiedades	Unidad	Control	EE	Letra	Efluente	EE	Letra	p valor
COS	g kg <sup>-1</sup>	19,87	±0,62	A	20,11	±0,62	A	ns
NOS	g kg <sup>-1</sup>	1,53	±0,06	A	1,63	±0,06	A	ns
COP	g kg <sup>-1</sup>	2,55	±0,24	A	2,82	±0,24	A	ns
NOP	g kg <sup>-1</sup>	0,23	±0,03	A	0,25	±0,03	A	ns
Nan	mg kg <sup>-1</sup>	86,15	±7,09	A	96,17	±7,09	A	ns
Pe	mg kg <sup>-1</sup>	<b>22,27</b>	±5,34	<b>B</b>	<b>48,16</b>	±5,34	<b>A</b>	**
Ph	Unidad	6,31	±0,07	A	6,18	±0,07	A	ns
CE	dS m <sup>-1</sup>	<b>0,05</b>	±0,01	<b>B</b>	<b>0,08</b>	±0,01	<b>A</b>	*
Ca	meq 100g <sup>-1</sup>	9,65	±0,18	A	9,36	±0,18	A	
Mg	meq 100g <sup>-1</sup>	2,32	±0,12	A	2,41	±0,12	A	ns
K	meq 100g <sup>-1</sup>	<b>2,09</b>	±0,16	<b>B</b>	<b>2,44</b>	±0,16	<b>A</b>	**
Na	meq 100g <sup>-1</sup>	<b>0,16</b>	±0,02	<b>B</b>	<b>0,21</b>	±0,02	<b>A</b>	*
FAC	mg kg <sup>-1</sup>	<b>612,71</b>	±60,71	<b>B</b>	<b>809,09</b>	±60,71	<b>A</b>	*
FDA	mg kg <sup>-1</sup>	56,91	±10,84	A	75,34	±10,84	A	ns
RM	mg kg <sup>-1</sup>	107,25	±8	A	113,9	±8	A	ns
CBM	mg kg <sup>-1</sup>	101,76	±16,9	A	94,01	±16,9	A	ns
qCO <sub>2</sub>	-	2,34	±0,53	A	2,22	±0,53	A	ns

Letras distintas indican diferencias significativas entre situaciones al 1% (\*\*) y 5% (\*). Carbono orgánico del suelo (COS), nitrógeno orgánico del suelo (NOS), carbono orgánico particulado (COP), nitrógeno orgánico particulado (NOP), nitrógeno anaeróbico (Nan), fósforo extractable (Pe), concentración de iones de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), actividad enzimática de la fosfatasa ácida (FAC), actividad enzimática de la fluoresceína diacetato (FDA), respiración microbiana (RM), carbono de la biomasa microbiana (CBM), coeficiente metabólico (qCO<sub>2</sub>).

La microbiología de suelo se ocupa de los componentes vivos del sistema, responsables en gran parte de las transformaciones que sufren los nutrientes y la MO. Estos también pueden usarse como indicadores sensibles de calidad del suelo debido a diferentes manejos (Balota et al. 2014). La FDA representa la actividad enzimática general del suelo, mientras que, las FAC son enzimas que mineralizan P. La FAC se incrementó un 32% en suelos con aplicaciones de efluente (p≤0,05). Esta respuesta puede atribuirse al aporte de nutrientes lábiles que se hace al suelo con los efluentes porcinos, que son capaces de incrementar la síntesis de estas enzimas (Da Silva et al. 2015). En cambio, el CBM, RM y qCO<sub>2</sub> no tuvieron respuesta a esta práctica de manejo (p>0,05) (Tabla 1), lo cual se pueden atribuir a una rápida mineralización del CO fácilmente degradable aplicado con el efluente (Plaza et al. 2005). Da Silva et al. (2015) no observaron cambios en el CBM y RM en suelos con diferentes tiempos de aplicación de efluente porcino (2 y 14 años de aplicaciones), y Rochette (2000) demostraron que sólo un aumento transitorio en la RM ocurre durante la primera semana después de la adición de efluente.



En la Figura 1 se observa un ACP, donde PC1 y PC2 explican el 43,11% de la variabilidad total. Los resultados biplot permiten diferenciar entre la situación suelos controles y suelos con efluente porcino, evidenciando que los suelos que recibieron efluentes presentaron mayores concentraciones de indicadores edáficos químicos y microbiológicos. Mientras que, la situación control se relacionó principalmente al pH del suelo. Similares resultados fueron encontrados por Dionisi et al (2020) con muestras de suelo que presentaban aplicaciones de efluente porcino durante 15 años, en relación a un control.

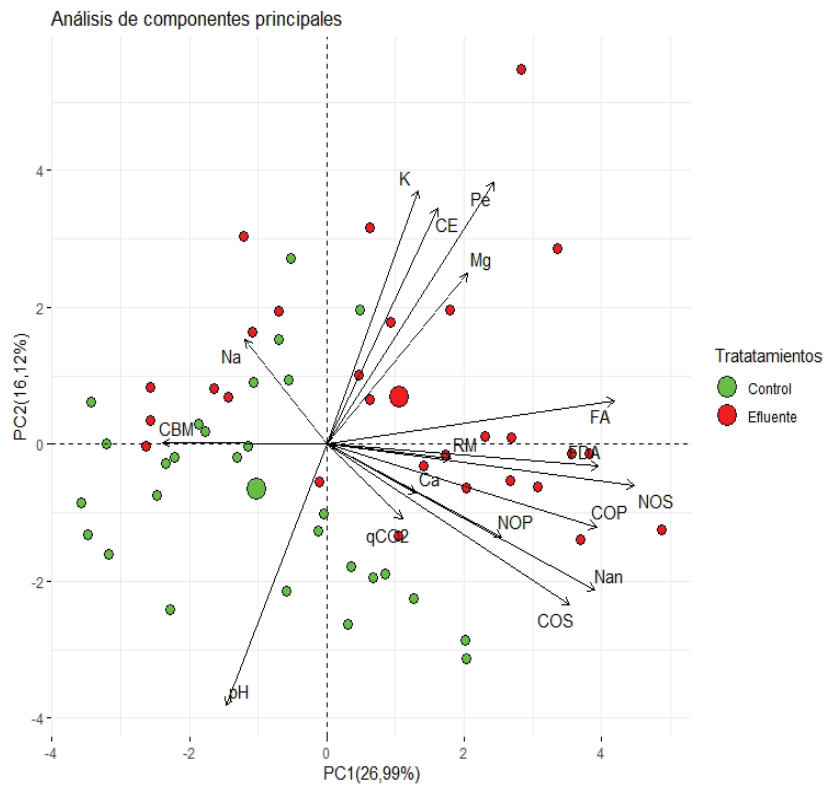


Figura 1. Análisis de componente principal para los suelos con aplicación de efluente porcino (círculos rojos) y control (círculos verdes). Carbono orgánico del suelo (COS), nitrógeno orgánico del suelo (NOS), carbono orgánico particulado (COP), nitrógeno orgánico particulado (NOP), nitrógeno anaeróbico (Nan), fósforo extractable (Pe), concentración de iones de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), actividad enzimática de la fosfatasa ácida (FAc), actividad enzimática de la fluoresceína diacetato (FDA), respiración microbiana (RM), carbono de la biomasa microbiana (CBM), coeficiente metabólico ( $qCO_2$ ).

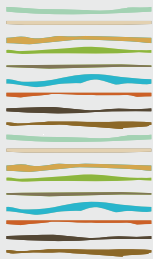
## CONCLUSIONES

Los suelos que recibieron aplicaciones de efluentes porcinos en forma prolongada evidenciaron un incremento de indicadores químicos y microbiológicos de calidad del suelo. Sin embargo, se observa un marcado aumento en Pe, FAc, K, CE y Na relacionado a características propias del efluente porcino, como su composición química, y posiblemente a prácticas inadecuadas de manejo que se estén realizando, como dosis de aplicación elevadas. Por tal motivo, conocer cómo se modifican estos indicadores permitirá adoptar las mejores prácticas de manejo para que las actividades agropecuarias sean económica y ambientalmente viables. Alternativas de manejo para disminuir estos riesgos ambientales podrían ser dosificar el efluente en función de la concentración de P o combinar las aplicaciones de efluente con fertilización mineral con el objetivo de proporcionar los nutrientes necesarios para los cultivos, evitando aplicaciones en exceso de uno o más nutrientes específicos.

## BIBLIOGRAFIA

- Alef, K & P Nannipieri. 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press Inc. London, England: Academic Press.
- Balota, E; O Machineski; K Hamid; I Yada; G Barbosa; A Nakatani; M Coyne. 2014. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. *Sci. Total Environ* 490:397–404.
- Berwanger, A; C Ceretta; D Rheinheimer dos Santos. 2008. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 32: 2525–2532.
- Cambardella, C & E Elliott. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma* 56(1–4): 449–457.
- Da Silva, D; Z Antonioli; R Jacques Seminoti; A De Oliveira Silveira; D Amaro da Silva; M Rache; V Gomes Passos; B Da Silva. 2015. Indicadores microbiológicos de solo em pastagem com aplicação sucessiva de dejetos de suínos. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 39(6): 1585–1594.
- Di Rienzo, J; F Casanoves; M Balzarini; L Gonzalez; M Tablada; C Robledo. 2017. *InfoStat versión 2017*. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Dionisi, C. P; R Mignone; A Rubenacker; V Pffaffen; O Bachmeier; P Campitelli; L Yudi; A.V Juarez. 2020. Monitoring of physicochemical parameters of soils after applying pig slurry. Analysis of its application in short and long periods in the province of Córdoba, Argentina. *Microchem. J.* 159: 105545.
- Echeverria, H; N San Martin; R Bergonzi. 2000. Métodos rápidos de estimación de nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos. *Cienc. Suelo* 18(1): 9–16.
- Ghosh, S; B Wilson; S Ghoshal; N Senapati; B Mandal. 2012. Organic amendments influence soil quality and carbon sequestration in the Indo-Gangetic plains of India. *Agric Ecosyst Environ* 156: 134–141.
- Giroto, E; C Ceretta; G Brunetto; D Santos Dos; L Da Silva; C Lourenzi; F Lorensini; R Costa Beber Vieira; R Schmatz. 2010. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 34(3): 955–965.
- Gómez-Garrido, M. 2014. Efectos ambientales de la valorización agronómica de purines de ganado porcino: Dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-agua-planta. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España. 261 pp.
- He, Y; W Zhang; M Xu; X Tong; F Sun; J Wang; S Huang; P Zhu; X He. 2015. Long-term combined chemical and manure fertilizations increase soil organic carbon and total nitrogen in aggregate fractions at three typical cropland soils in China. *Sci. Total Environ.* 532: 635–644.
- INTA. 1978. Carta de suelos de la República Argentina Hoja 3363-17. Buenos Aires.
- Jenkinson, D & D Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V: A methods for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8(3): 209–213.
- Lourenzi, C.R; C Ceretta; S Silva; G Trentin; E Giroto. 2011. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry applications. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 35(1): 1827–1836.
- Maas, E. V., & G. J Hoffman. 1977. Crop salt tolerance—current assessment. *J. Irrig. Drain. Div., Am. Soc. Civ. Enh.* 103(2): 115-134.
- Plaza, C; D Hernández; J García-Gil; A Polo. 2004. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions. *Soil Biol. Biochem.* 36:1577–1585.
- Rochette, P; D Angers; D Côté. 2000. Soil carbon and nitrogen dynamics following application of pig slurry for the 19th consecutive year. Carbon dioxide fluxes and microbial biomass carbon. *SSSAJ.* 64(4): 1389–1395.
- Saviozzi, A; R Levi-Minzi; R Riffaldi; G Vanni. 1997. Laboratory studies on the application of wheat straw and pig slurry to soil and the resulting environmental implications. *Agric Ecosyst Environ* 61(1): 35–43.
- Sparks, D.L. 1996. *Methods of Soil Analysis, Part 3-Chemical methods*, SSSA book series. No. 5. American Society of Agronomy. Inc., USA.
- Teira-Esmatges, M. 2008. Informe para la mejora de la gestión de los purines porcinos en Catalunya. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya. Barcelona.
- Vance, E; P Brookes; D Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19(6): 703–707.





## **IMPACTO DE LOS INCENDIOS SOBRE EL CARBONO EDÁFICO Y OTRAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS**

Rey Montoya, T.S.<sup>1,2</sup>, D.B. Kurtz<sup>1,2</sup>, J.L. Flores<sup>2</sup>, D.D. Ybarra<sup>2</sup>, R. Falcón<sup>2</sup>, C.E. Grancic<sup>1</sup>, C. Fernández López<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE; <sup>2</sup> Estación Experimental Agropecuaria INTA-Corrientes.  
\*Ruta 12, km 1008, (3416) El Sombrero, Provincia de Corrientes, fernandez.carolina@inta.gob.ar

### **RESUMEN**

En el período de Diciembre del 2021 a Febrero del 2022 la provincia de Corrientes fue afectada por incendios que abarcaron 1.1042.514ha. El objetivo de este trabajo fue evaluar la incidencia de la acción del fuego sobre propiedades edáficas en el sector Este de la Provincia de Corrientes. Se muestrearon doce sitios pertenecientes al E de la provincia de Corrientes, sector más afectado por los incendios ocurridos desde diciembre del 2021 hasta febrero del 2022. En las muestras tomadas a fines de febrero del 2022, luego de ser secadas y acondicionadas en el lab de Suelos de la EEA-Corrientes se determinó: pH, CE, CO, MO, P, Ca, Mg, K, Na. Se analizaron sitios con quema y sin quema 2022, en comparación con referencias históricas de cartografía digitalizada; en dos estratos de suelos, superficial y subsuperficial. Con los datos obtenidos se realizó una comparación porcentual entre Muestras 2022 y las referencias de mapas de suelos; y luego un Análisis de Componentes Principales para determinar la asociación entre las variables y los tratamientos estudiados. Los análisis realizados destacan la importancia de la cartografía actualizada como referencia, dejando claramente reflejado el efecto del fuego ante los cationes de suelo que deberían ser mineralizados desde la MO, lo cual beneficia su liberación lenta. Los incendios aumentan la disponibilidad de nutrientes en los suelos, sin embargo considerados desde la calidad de los mismos, disminuyen la riqueza que les proporciona la inmovilización y lenta liberación producidas en ocasiones naturales de los ciclos biogeoquímicos. Se propone evaluar propiedades biológicas del suelo para poder cuantificar los efectos ambientales completos ocasionados por la acción del fuego.

**Palabras clave:** fuego, cartografía, mineralización.

### **INTRODUCCIÓN**

En el período de Diciembre del 2021 a Febrero del 2022 la provincia de Corrientes fue afectada por incendios que abarcaron 1.1042.514ha; las cuales correspondían a 194.641ha del departamento Ituzaingó, 135.875ha de Santo Tomé, 44.887 ha de Paso de los Libres y 32.843ha de Cruzú Cuatiá, entre otras (Saucedo et al., 2022); estos datos se obtuvieron del análisis de imágenes del satélite Sentinel-2 de la Agencia Espacial Europea (ESA), cuantificando las áreas quemadas según 8 (ocho) coberturas vegetales afectadas, de la siguiente manera: bosques cultivados, malezales, pastizales del centro sur, pastizales del noroeste y oeste, pastizales del noreste, esteros y bañados, y vegetación de valles aluviales, que incluye el valle aluvial de los ríos Paraná, Corriente, Santa Lucía, Aguapey, Miriñay, Mocoetá y Guayquiraró, más una categoría "otras coberturas". El objetivo de este trabajo fue evaluar la incidencia de la acción del fuego sobre propiedades edáficas en el sector Este de la Provincia de Corrientes.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**





Se muestrearon doce sitios pertenecientes al NE de la provincia de Corrientes, sector más afectado por los incendios ocurridos desde diciembre del 2021 hasta febrero del 2022. Se tomaron muestras de los suelos: Udifluventes ácuicos, Humacueptes fluvacuénticos, Epiacualfes aéricos, Paleodultes plínticos, Argiudoles vérticos, Endoacualfes aérico, Paleudalfes ródicos, Epiacueptes típicos, Epiacualfes aéricos húmicos. Las referencias se tomaron siguiendo los mapas de suelos: Corrientes 1:500.000 (Escobar, 1996), Santo Tomé y Alvear 1:50.000 (Kurtz., 2020); Curuzú Cuatía (Ligier, 2001); los mismos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Resumen de propiedades físico-químicas y químicas de los Subgrupos de Suelos estudiados

Subgrupo	Serie	Horizonte	pH	CE S m <sup>-1</sup>	CO g kg <sup>-1</sup>	MO mg kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	K	Na
UDIFLUVENTES ACUICOS	Olivari	Superficial	5,7	s/d	s/d	0,1	s/d	0,1	0,1	0,0	0,1
	Olivari	Subsuperficial	5,7	s/d	s/d	0,1	s/d	0,1	0,1	0,0	0,1
HUMACUEPTE FLUVACUENTICO	Ita Cua	Superficial	4,7	s/d	0,3	0,6	0,0	0,9	0,3	0,1	0,4
	Ita Cua	Subsuperficial	4,6	s/d	0,1	0,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,3
EPIACUALFE AERICO	Ma Teresa	Superficial	4,6	0,007	0,1	0,2	3,6	0,4	0,8	0,1	0,1
	Ma Teresa	Subsuperficial	4,8	0,006	0,0	0,1	2,8	0,4	0,2	0,1	0,1
PALEUDULTES PLINTICOS	Aguará	Superficial	4,9	s/d	s/d	0,2	s/d	0,1	0,1	0,3	0,3
	Aguará	Subsuperficial	4,6	s/d	s/d	0,1	s/d	0,1	0,1	0,0	0,3
EPIACUALFE AERICO HUMICO	Nueve Lagunas	Superficial	4,2	-	0,1	0,2	11,3	0,9	1,2	0,2	0,1
	Nueve Lagunas	Subsuperficial	4,1	-	0,1	0,1	8,1	0,6	0,1	0,1	0,1
EPIACUEPTE TIPICO	Bajaro	Superficial	4,1	0,010	0,2	0,3	7,3	0,1	0,0	0,1	0,2
	Bajaro	Subsuperficial	4,1	0,006	0,1	0,2	5,9	0,1	0,0	0,1	0,2
PALEUDALFES RODICOS	Aurora	Superficial	4,6	0,019	0,1	0,1	-	1,7	0,4	0,1	0,4
	Aurora	Subsuperficial	4,3	0,012	0,1	0,1	-	1,9	0,4	0,1	0,4
ENDOACUALFES AERICO	Lemos	Superficial	4,8	0,006	0,1	0,1	1,5	0,1	0,1	0,0	0,1
	Lemos	Subsuperficial	4,1	0,004	0,0	0,1	1,4	0,1	0,1	0,2	0,2
ARGIUDOLES VERTICOS	San Juan	Superficial	5,3	s/d	0,2	0,4	1,1	9,3	1,1	0,2	0,4
	San Juan	Subsuperficial	5,8	s/d	0,2	0,3	1,1	12,4	1,0	0,2	0,5
EPIACUALFES AERICOS	Zugasti	Superficial	4,0	s/d	s/d	0,2	s/d	1,6	0,2	0,1	0,1
	Zugasti	Subsuperficial	4,0	s/d	s/d	0,1	s/d	2,0	0,2	0,0	0,1

En las muestras tomadas a fines de febrero del 2022, luego de ser secadas y acondicionadas en el lab de Suelos de la EEA-Corrientes se determinó: pH, CE, CO, MO, P, Ca, Mg, K, Na. Se analizaron sitios con quema 2022 (Q), sin quema 2022 (SQ), históricos (T); en dos estratos de suelos, superficial y subsuperficial.

Con los datos obtenidos se realizó una comparación porcentual entre Muestras 2022 y las referencias de mapas de suelos; y luego un Análisis de Componentes Principales para determinar la asociación entre las variables y los tratamientos estudiados (Di Rienzo et al., 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las comparaciones de las variaciones de las propiedades en estudio entre muestras del 2022 versus los datos históricos de mapas de suelos mostraron que, en los sitios Sin Quema, se registró un pH superior en el 80% de los casos, 75% en MO, 82% más en P, 55% en contenido de Ca, 95% superior en Mg, 30% más de K, 55% se incrementó el Na. Datos que se repitieron en un porcentaje muy similar al considerar sitios quemados; comparando que eran sitios apareados se considera que las cenizas han homogenizado el efecto sobre propiedades químicas y físico-químicas en los suelos. Se rescata el incremento mayor en contenido de cationes, 80-100-60 en cationes (Ca-Mg-Na, respectivamente), sin afectar tanto al K.

Para analizar el análisis de las distintas propiedades sobre los suelos, se utilizó la geolocalización para las comparaciones con los mapas de suelos. El análisis de componentes principales en Estratos Superficiales (Figura 1) en la CP1 se determina por los vectores de pH, CO y MO, y en forma inversa el Ca. Con ellos se separan claramente los testigos de los sitios afectados del 2022, siendo aún más diferentes a los sitios con quema.





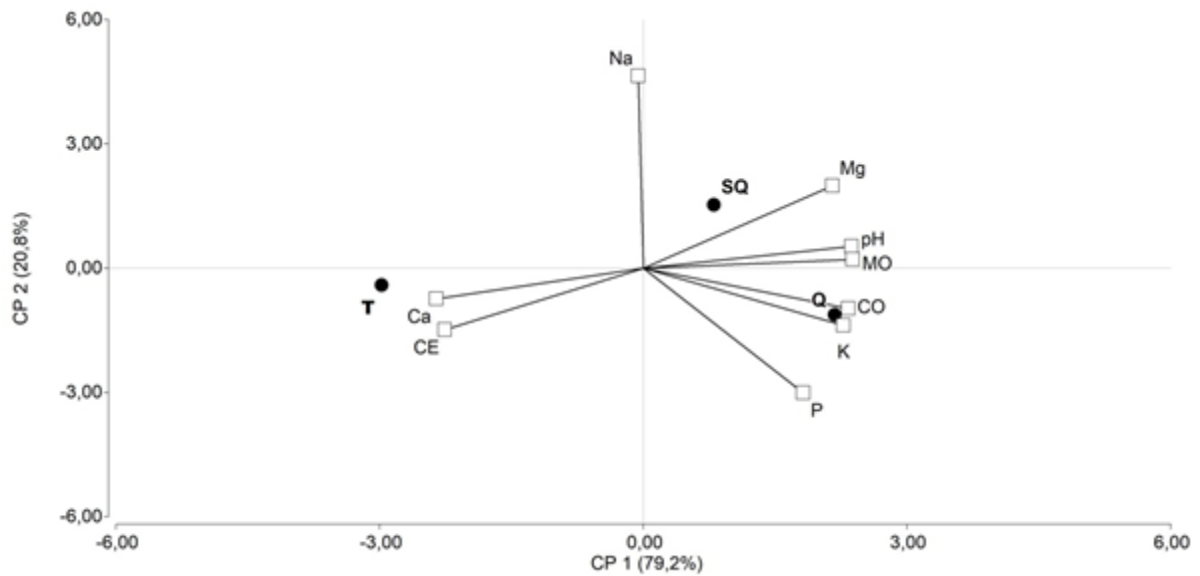


Figura 1: Componentes Principales comparando Tratamientos con Propiedades del Suelo, estrato superficial (0-10cm)

En los estratos subsuperficiales, también es el CP1 quien determina la división de los tratamientos (Figura 2), los ejes más representativos son CE y K, y en forma inversa la MO. Según los datos obtenidos en el 2022 en este estrato se determinó en mayor porcentaje los contenidos de MO; el fuego lento se esperaba que consuma la MO del suelo, sin embargo el proceso de "Incendio" estuvo signado por rápido avance de los "Frentes", sin dar tregua al trabajo de los bomberos hasta que llegaron las lluvias a fines de febrero 2022.

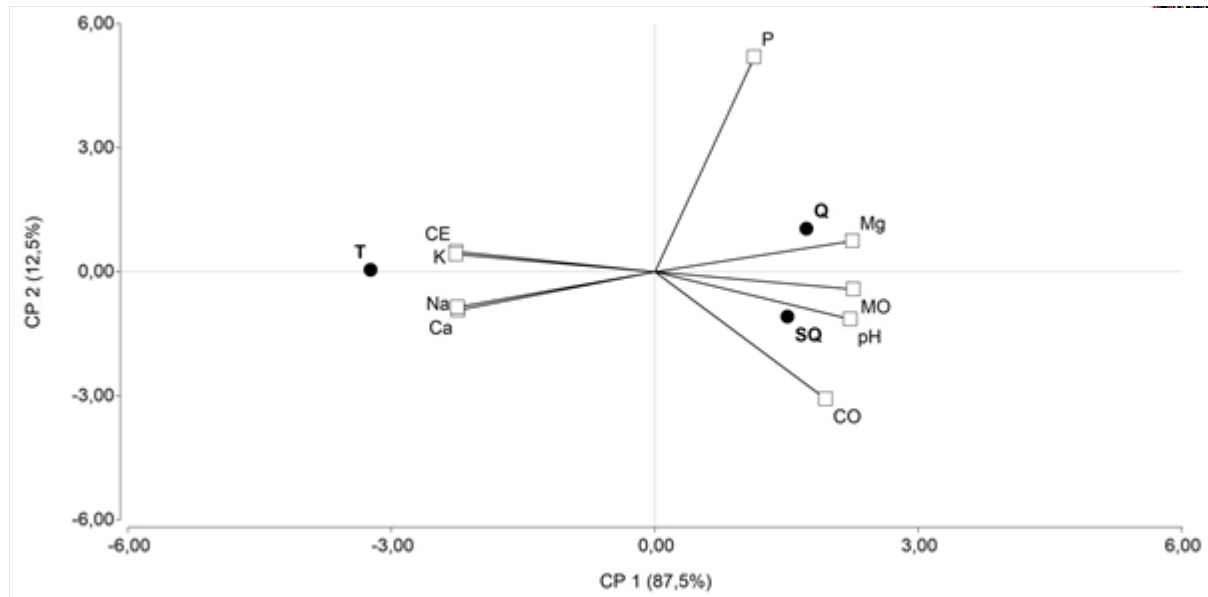


Figura 2: Componentes Principales comparando Tratamientos con Propiedades del Suelo, estrato subsuperficial (10-30cm)

Los análisis realizados destacan la importancia de la cartografía actualizada como referencia, dejando claramente reflejado el efecto del fuego ante los cationes de suelo que deberían ser mineralizados desde la MO, beneficiando su liberación lenta.



## CONCLUSIONES

Los incendios aumentan la disponibilidad de nutrientes en los suelos, sin embargo considerados desde la calidad de los mismos, disminuyen la riqueza que les proporciona la inmovilización y lenta liberación producidas en ocasiones naturales de los ciclos biogeoquímicos.

Se propone evaluar propiedades biológicas del suelo para poder cuantificar los efectos ambientales completos ocasionados por la acción del fuego.

## AGRADECIMIENTOS

A los proyectos de INTA 2019-PD-E3-I062-001 y 2019-PD-E2-I050-001.

## BIBLIOGRAFÍA

Escobar E.H. 1996. Suelos de Corrientes 1:500.000. <http://wms.sig-ctes.inta.gob.ar/geocorrientes/wms>. Visitado el 12/09/22

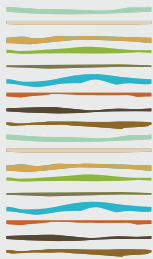
Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Ligier H.D. 2011. Suelos de Curuzú Cuatiá y Sauce 1:50.000. <http://wms.sig-ctes.inta.gob.ar/geocorrientes/wms>. Visitado el 12/09/22

Kurtz, D.B. 2020. Santo Tomé – Ituzaingó – General Alvear 1:50.000. <http://wms.sig-ctes.inta.gob.ar/geocorrientes/wms>. Visitado el 12/09/22

Saucedo, G., Perucca, A. R., Kurtz, D. 2022. Un millón cuarenta y dos mil quinientas catorce hectáreas. Grupo de Recursos Naturales – EEA- INTA-Corrientes. Informe técnico (4 de marzo de 2022). <https://inta.gob.ar/documentos/un-millon-cuarenta-y-dos-mil-quinientas-catorce-hectareas>. Visitada el 17/09/2022.





## EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO: EFECTO DEL RIEGO SUPLEMENTARIO EN MAÍZ EN EL SUDOESTE BONAERENSE

Rimski-Korsakov, H. <sup>1\*</sup>, C. R. Alvarez<sup>1</sup>, E. A. Ciarlo<sup>2</sup>, H. S. Steinbach<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes.

<sup>2</sup> Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

\* Contacto: rimski@agro.uba.ar

### RESUMEN

En situaciones bajo riego hay condiciones predisponentes para las emisiones de óxido nitroso: mayores dosis de fertilización nitrogenada y contenido hídrico edáfico. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto del riego suplementario sobre las emisiones de N<sub>2</sub>O en un cultivo de maíz. Se trabajó en un establecimiento del Sudoeste Bonaerense en maíz con riego suplementario. Los tratamientos fueron: Secano y Riego, con 3 repeticiones. Las emisiones de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> se determinaron en tres momentos en verano. Para medir las emisiones se utilizaron cámaras estáticas y las muestras de gas se analizaron usando cromatografía gaseosa. Se determinaron variables edáficas químicas y texturales iniciales (0 a 10 y 10 a 20 cm). En cada fecha de muestreo se determinó la concentración de nitratos, la densidad aparente (Dap) y la humedad gravimétrica (HG) y volumétrica de 0 a 5 cm al costado de las cámaras. Las variables edáficas solo presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en pH y PSI siendo superiores en Riego. Las emisiones de N<sub>2</sub>O variaron entre -1,35 y 24,37 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Las tasas de emisión promedio de todo el período fueron de 1,75 y 7,27 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> para Secano y Riego respectivamente sin mostrar diferencias, posiblemente por la alta variabilidad de los datos. Tampoco la tasa de emisión de N<sub>2</sub>O mostró diferencias entre tratamientos en ninguna de las fechas. Las emisiones acumuladas durante los 60 días de estudio fueron de 0,031 y 0,116 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, para los tratamientos Secano y Riego respectivamente sin ser diferentes. No se hallaron diferencias en las emisiones de CO<sub>2</sub>, contenido de nitratos, ni en Dap. Las emisiones de N<sub>2</sub>O se relacionaron significativamente con la HG (p=0,0373; r=0,4938). Las presentes mediciones aportan los primeros datos sobre la influencia del riego en las emisiones de N<sub>2</sub>O en SO Bonaerense.

**Palabras clave:** gases efecto invernadero, riego, maíz.

### INTRODUCCION

Durante las últimas décadas numerosas investigaciones predijeron un incremento de temperatura de la atmósfera y de los océanos especialmente por el aumento de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2007). El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) son los principales GEI emitidos desde sectores no industriales (Ciais & Sabine, 2013). El N<sub>2</sub>O tiene un importante efecto sobre el desarrollo del clima mundial, ya que su potencial de calentamiento global es aproximadamente 296 veces mayor que el del CO<sub>2</sub> (Muñoz et al., 2010) y está relacionado con la destrucción del ozono estratosférico a través de su oxidación estratosférica a óxido nítrico (Ravishankara et al., 2009).

Las emisiones de N<sub>2</sub>O desde los suelos ocurren como consecuencia de los procesos de desnitrificación y nitrificación (Linn & Doran, 1984; Muñoz et al., 2010). La tasa de desnitrificación, principal proceso productor de N<sub>2</sub>O, se encuentra regulada principalmente por tres factores edáficos: el carbono orgánico lábil, el contenido de humedad y la concentración de nitratos (Brock & Madigan, 1993; Stange et al., 2000). Las actividades humanas como la aplicación al suelo de fertilizantes, abonos y la inoculación de semillas con bacterias



fijadoras de nitrógeno atmosférico, entre otras, han acelerado el ciclado de nitrógeno (Montzka et al., 2011). Los suelos agrícolas fertilizados probablemente sean la fuente predominante de emisiones de N<sub>2</sub>O desde el sector (Boeckx & Van Cleemput, 2001). En situaciones bajo riego se generan condiciones predisponentes para las emisiones de N<sub>2</sub>O: mayores dosis de fertilización nitrogenada e incrementos de humedad del suelo. El objetivo del presente trabajo es cuantificar el efecto del riego suplementario sobre las emisiones de N<sub>2</sub>O en el cultivo de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en un establecimiento del Sudoeste Bonaerense donde se cultiva maíz con aporte de riego suplementario por pivote central. Se contó con dos tratamientos (Secano y Riego), con 3 repeticiones por tratamiento (lotes). Las emisiones de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> se midieron durante los meses de verano (16/12/2020, 11/01/2021 y 12/02/2021). Para medir las emisiones de N<sub>2</sub>O se utilizó el método propuesto por USDA, consistente en el uso de tres cámaras estáticas en cada sitio (repetición del tratamiento) y cada fecha de muestreo. De cada cámara se tomaron tres muestras, a los 0, 15 y 30 minutos luego del cierre de las mismas y con esos valores se calculó el flujo por unidad de superficie y de tiempo. Al momento de inicio del muestreo (t = 0), sobre la base de hierro se colocó una cubierta de PVC (11880 cm<sup>3</sup>) con un septum, sujeta con bandas elásticas, para evitar las pérdidas gaseosas. Las muestras se extrajeron con jeringas y se inyectaron en viales asegurando la purga del aire contenido previamente en los mismos (Collier et al., 2014). Las muestras de gas se analizaron usando cromatografía gaseosa. El volumen molar (Vm) del gas se corrigió por la temperatura del aire medida al momento de extracción de la muestra y los flujos (f) de los gases se calcularon con la ecuación 1.

$$f = \frac{\Delta C}{\Delta t} * \frac{V}{A} * \frac{m}{Vm} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde, ΔC: cambio de concentración de los gases en la cámara durante el tiempo de incubación; V: volumen de la cámara; A: área de suelo cubierta por la cámara; m: peso molecular de cada gas.

En cada repetición se determinó inicialmente el valor de pH (potenciometría, relación suelo/agua: 1:2,5, Thomas, 1996), conductividad eléctrica (conductimetría sobre pasta saturada; CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), extracción de cationes: Ca, Mg, K y Na intercambiables con acetato de amonio 1N y cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica, contenido de carbono orgánico (COT) (Walkley y Black, Nelson & Sommers 1996), densidad aparente (método del cilindro con un volumen de 100 cm<sup>3</sup>, Burke et al. 1986; Dap) y textura (Bouyoucos, Ashworth et al. 2001) del suelo de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm. Paralelamente, en cada fecha de muestreo se tomaron muestras de suelo al costado de las cámaras en los primeros 5 cm de profundidad (0-5 cm) donde se determinó la concentración de N-NO<sub>3</sub> por colorimetría SNEDD, la densidad aparente por el método del cilindro y la humedad gravimétrica (HG) y volumétrica (HV). Se calculó el porcentaje del espacio poroso saturado de agua (EPSA) mediante la ecuación 2.

$$EPSA (\%) = \frac{(\text{Humedad volumétrica} * \text{Densidad aparente} * 100)}{\left[1 - \left(\frac{\text{Densidad aparente}}{2.65}\right)\right]} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Las emisiones de N<sub>2</sub>O ocurridas durante el período de estudio (16/12/2020 al 12/02/2021) fueron calculadas por interpolación lineal entre fechas sucesivas según lo propuesto por Jantalia et al. (2008).

Los datos fueron analizados a través de una Prueba t para un diseño apareado entre tratamientos (Secano y Riego). Se establecieron relaciones entre las emisiones y las variables de suelo medidas. Se ajustó un modelo de regresión múltiple por Stepwise.



## RESULTADOS Y DISCUSION

Las variables edáficas en general no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos Secano y Riego (Tabla 1). Las excepciones a lo anterior fueron el pH y el PSI que fueron superiores en Riego que en Secano. Esto estaría mostrando que el riego genera un efecto de sodificación en los primeros 20 cm del suelo. A pesar de lo anterior no se detectaron deterioros en las condiciones físicas en la zona a pesar de poseer valores mayores de PSI y pH (Alvarez et al., 2022).

Tabla 1: Promedio y error estándar de las características químicas y texturales de los suelos en cada tratamiento. Letras diferentes marcan diferencias significativas entre Secano y Riego ( $p < 0.05$ ) dentro de cada profundidad de muestreo.

	Secano	Riego	Secano	Riego
	0-10 cm		10-20 cm	
pH	5,77 (0,18) b	6,96 (0,09) a	6,16 (0,03) b	7,13 (0,12) a
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	0,73 (0,17) a	0,70 (0,06) a	0,33 (0,03) a	0,70 (0,06) a
PSI (%)	0,43 (0,08) b	6,40 (0,66) a	0,43 (0,08) b	6,43 (0,12) a
COT (%)	2,80 (0,33) a	2,72 (0,35) a	2,03 (0,25) a	2,21 (0,35) a
DAP ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1,16 (0,03) a	1,16 (0,01) a	1,34 (0,02) a	1,37 (0,03) a
Arcilla (%)	15,83 (3,00) a	21,25 (5,05) a	20,83 (0,83) a	23,33 (3,63) a
Limo (%)	47,50 (2,50) a	41,25 (6,88) a	46,67 (0,83) a	40,00 (2,89) a
Arena (%)	36,67 (5,46) a	37,50 (3,82) a	32,50 (1,44) a	36,67 (3,00) a

Las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  variaron entre  $-1,35$  y  $24,37 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ . Estos valores se encuentran dentro del rango reportado en sistemas de producción agrícolas de la Pampa Semiárida y Ondulada donde se observaron tasas de emisión desde  $-15$  hasta  $314 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  (Alvarez et al., 2012; Cosentino et al., 2013). Las tasas de emisión promedio de todo el período analizado fueron de  $1,75$  y  $7,27 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$  para los tratamientos Secano y Riego respectivamente. Si bien las tasas promedio de emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  en Riego cuadruplicaron las de Secano las diferencias no fueron significativamente distintas ( $p=0,206$ ). Posiblemente eso se debió a la alta variabilidad de los datos (coeficiente de variación  $74$  y  $67\%$  para Secano y Riego respectivamente). Tampoco la tasa de emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  mostró diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas de medición (Figura 1).

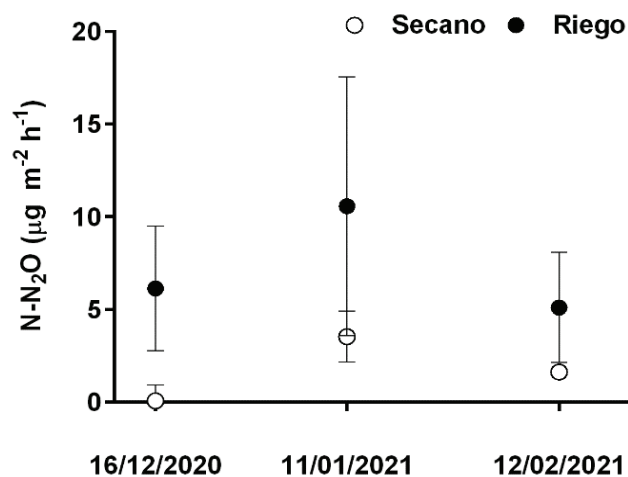


Figura 1. Flujos de  $\text{N-N}_2\text{O}$  en las diferentes fechas de medición para los tratamientos Secano y Riego. Barras: error estándar.

Las emisiones de  $\text{CO}_2$  tampoco presentaron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas de muestreo, siendo en promedio de todas las fechas de  $12,9$  y  $29,5 \text{ mg C-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{h}^{-1}$ , para Secano y Riego respectivamente. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el contenido de  $\text{N-NO}_3$  (prome-



dio= 40,5 ppm N-NO<sub>3</sub>) ni en la Dap (promedio= 1,16 g cm<sup>-3</sup>). La HG promedio fue significativamente menor en el tratamiento Secano que en el de Riego (19,7 y 26,3% respectivamente). El EPSA no difirió significativamente entre tratamientos (42% y 52% para secano y riego respectivamente). En la Tabla 2 se puede observar el rango de las variables analizadas en los diferentes muestreos.

Tabla 2. Rango de las variables analizadas en todo el período

n = 18	Mínimo	Máximo
Temperatura suelo (°C)	16,44	25,90
Temperatura aire (°C)	18,33	30,23
Emisión nitroso (µg N-N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	-1,35	24,37
Emisión CO <sub>2</sub> (mg C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	1,28	80,99
Nitratos (ppm N-NO <sub>3</sub> )	6,50	104,30
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,06	1,29
Humedad gravimétrica (g/g)	0,10	0,32
Humedad volumétrica (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	0,12	0,39
Espacio Poroso saturado de agua (%)	23,89	72,25

Las emisiones de N<sub>2</sub>O se relacionaron significativamente con la HG (p=0,0373; r=0,4938) y con la HV (p=0,0487; r= 0,4706). No hubo relaciones significativas entre las emisiones de N<sub>2</sub>O y el resto de las variables analizadas. Se pudo ajustar un modelo simple donde el nivel de HG del suelo fue la variable que mejor explicó las tasas de emisión de emisión de N<sub>2</sub>O (p=0,037) (Ecuación 3). Generando un modelo múltiple con el resto de las variables relacionadas no se mejora el ajuste que con solo la HG. La humedad edáfica es una de las variables más importantes que regula la actividad microbológica del suelo y procesos relacionados (Butterbach-Bahl et al., 2013). Las bacterias nitrificadoras requieren oxígeno en el espacio poroso del suelo para oxidar el amonio y los nitritos, pero ante la presencia de condiciones de falta de oxígeno, estas bacterias también son capaces de reducir formas oxidadas de nitrógeno, especialmente nitritos (Wrage et al., 2001), dando como producto principal N<sub>2</sub>O.

$$N-N_2O (\mu g m^{-2} h^{-1}) = - 6.61 + 48.35 HG (\%) R^2 = 0,24 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde: N-N<sub>2</sub>O µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>: tasa de emisión de óxido nitroso; HG: Humedad gravimétrica de 0 a 5 cm (%)

Las emisiones acumuladas de N-N<sub>2</sub>O desde el 16/12/2020 al 12/02/2021 (60 días) fueron de 0,031 y 0,116 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, para los tratamientos Secano y Riego respectivamente (Figura 2). No hubo diferencias significativas entre tratamientos (p= 0,2916; CV= 71% y 79% para secano y riego respectivamente). Esto posiblemente se deba a la elevada variabilidad de los datos.



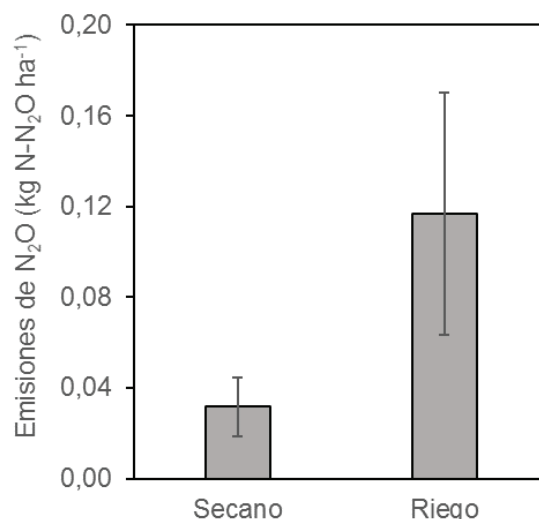


Figura 2. Emisiones acumuladas de óxido nitroso desde el 16/12/2020 al 12/02/2021. Barras: error estándar.

Las presentes mediciones aportan los primeros datos sobre la influencia del riego en las emisiones de N<sub>2</sub>O en SO Bonaerense que deberán continuarse con mediciones futuras.

## CONCLUSIONES

A pesar de haber cuadruplicado las emisiones de N<sub>2</sub>O en Riego a las de Secano, no se pudieron hallar diferencias significativas, posiblemente a la alta variabilidad de los datos. Las variables relacionadas con la humedad del suelo (humedad volumétrica y gravimétrica) fueron las únicas que se relacionaron significativamente con las emisiones de N<sub>2</sub>O, ambas en forma directa.

## BIBLIOGRAFIA

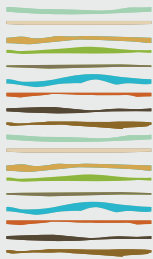
- Alvarez, C; A Costantini; CR Alvarez; BJ Alves; CP Jantalia; E Martelotto & SS Urquiaga. 2012. Soil nitrous oxide emissions under different management practices in the semiarid region of the Argentinian Pampas. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 94: 209-220.
- Alvarez, CR; HS Steinbach; H Rimski-Korsakov & EA Ciarlo. 2022. Propiedades físicas del suelo: efecto del riego suplementario en el sudoeste bonaerense. XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Buenos Aires.
- Ashwort, J; D Keyes; R Kirk & R Lessard. 2001. Standard procedure in the Hydrometer method for particle size analysis. *Commun Soil Sci Plant Anal* 32: 633-642.
- Boeckx, P & O Van Cleemput. 2001. Estimates of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes from agricultural lands in various regions in Europe. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 60: 35-47.
- Brock, TD & MT Madigan. 1993. *Microbiología*. 6ª Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 956 p.
- Burke, W; D Gabriels & J Bouma. 1986. *Soil structure assessment*. AA Balkema Publ., Rotterdam.
- Butterbach-Bahl, K; EM Bagss; M Dannenmann; S Kiese & R Zechmeister-Boltenstern. 2013. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls?. *Phil Trans R Soc B* 368: 20130122.
- Ciais, P & CH Sabine. 2013. Carbon and other biogeochemical cycles. *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds Stocker TF, et al. (Cambridge Univ Press, New York), Pp 465-570.
- Collier, SM; MD Ruark; LG Oates; WE Jokela & CL Dell. 2014. Measurement of greenhouse gas flux from agricultural soils using static chambers. *J Vis Exp* 90: e52110.
- Cosentino, VRN; SA Figueiro Aurregui & MA Taboada. 2013. Hierarchy of factors driving N<sub>2</sub>O emissions in non-tilled soils under different crops. *Eur. J. Soil Sci.* 64: 550-557.





- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Ed Solomon, S et al. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Jantalia, CP; HP dos Santos; S Urquiaga; RM Boddey & BJR Alves. 2008. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. *Nut. Cycl. Agroecosyst.* 82: 161–173
- Linn, DM & JW Doran. 1984. Effect of Water-Filled Pore Space on Carbon Dioxide and Nitrous Oxide Production in Tilled and Nontilled Soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 48: 1267- 1272.
- Montzka, SA; EJ Dlugokencky & HH Butler. 2011. Non-CO<sub>2</sub> greenhouse gasses and climate change. *Nature* 476: 43-50.
- Muñoz, CL; C Paulino; C Monreal & E Zagal. 2010. Greenhouse gas (CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O) emissions from soils: a review. *Chil. J. Agric. Res.* 70: 485-497.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods.* Soil Science Society of America Book Series no.5, pp. 961-1010.
- Ravinshakara, AR; J Daniel & RW Daniel. 2009. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): the dominant ozone depleting substance emitted in the 21st century. *Science* 326: 123-125.
- Stange, F; K Butterbach-Bahl & H Papen. 2000. A process-oriented model of N<sub>2</sub>O and NO emissions from forest soils 2. Sensitivity analysis and validation. *J. Geophys. Res.* 105: 4385-4398,
- Thomas, GW. 1996. Soil pH and Soil Acidity. En: DL Sparks (Ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 3.* Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp: 475-490
- Wrage, N; GL Velthof; ML Van Beusichem & O Oenema. 2001. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. *Soil Biol. Biochem.* 33: 1723 - 1732





## CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTALES DE LOS SUELOS EN LA REGIÓN DE VILLA MARÍA, CÓRDOBA

Rodríguez, M.J.<sup>1\*</sup>, A.R. Becker<sup>1,2,3</sup>, M.T. Grumelli<sup>3,4</sup>, Ingaramo, R.N.<sup>1</sup>, Barrera A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto A. P. de Ciencias Básicas y Aplicadas, UNVM, Av. A. Jauretche 1555, (X5900LQC), Villa María, Córdoba, ARGENTINA.

\*Autor de correspondencia: [mjrodriguez@unvm.edu.ar](mailto:mjrodriguez@unvm.edu.ar)

<sup>2</sup>Instituto Multidisciplinario de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Biotecnológica (IMITAB), CONICET-UNVM, Villa María, Córdoba;

<sup>3</sup>Departamento de Geología, FCEFQyN, UNRC, Río Cuarto, Córdoba;

<sup>4</sup>Instituto de Ciencias de la Tierra, Biodiversidad y Sustentabilidad Ambiental (ICBIA), CONICET-UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

### RESUMEN

La perspectiva geoambiental analiza procesos naturales como humanos de continua transformación del planeta. El objetivo es analizar las características geoambientales de los suelos en la región de Villa María. Se encuentra en la planicie fluvioeólica central, departamento General San Martín, Córdoba. De clima templado subhúmedo con relictos del Espinal. Geopedológicamente se destaca el Paleobanico aluvial del río Ctlamochita con desarrollo de molisoles y alfisoles. En esta cuenca lechera se redujeron los tambos con avance de la producción agrícola. Metodológicamente se seleccionó una transecta de suelos representativa de la variabilidad geomorfológica de la región y se efectuó el análisis geoambiental. Coexisten geoformas de larga historia de dinámica fluvial y eólica, condicionadas por lineamientos tectónicos regionales. Geoformas paleoaluviales al norte de Villa María presentan relictos de vegetación natural en cercanías de arroyos y distribución compleja de suelos con problemáticas de sodicidad. En zona periurbana dominan Haplustoles údicos donde el avance urbano incide en el desinterés por innovar usos y manejos ganaderos con consecuencias de compactación. Región central de dominio fluvial, posee el mayor relikto de vegetación nativa con desarrollo pedogenético interdependiente de la morfogénesis fluvial. Bosque ribereño persiste en Faja Fluvial Ctlamochita y la frontera agropecuaria avanza desde la Paleollanura de Inundación con desarrollo de Haplustol típico de uso agrícola-tambera. Del arroyo Cabral hacia el sur, geoformas de sistemas lagunares radiales definen drenajes en araña con vegetación natural en zonas costeras y Complejos de suelos que se distribuyen de manera concéntrica. Predominan Natracualfs típicos con procesos de hidro y halomorfismo. El dominio eólico del Manto Loésico, integrado en un paisaje de alta variabilidad geopedológica, refleja usos y manejos disímiles en pocas hectáreas. El análisis geoambiental permite integrar agroecosistemas a lo largo de la planicie fluvioeólica central del departamento General San Martín a escala de cuenca para la conformación de sistemas regionales.

**Palabras clave:** Ctlamochita, fluvioeólico, geopedológico

### INTRODUCCIÓN

El suelo es un ecosistema insustituible y no renovable, su uso se asocia a cuestiones vitales para el humano como a problemas ambientales globales: déficit habitacional, seguridad alimentaria y a entornos que posibiliten el desarrollo de una vida digna (Goyas Céspedes *et al.*, 2016). Las tendencias de la Gran Aceleración, mediados del siglo XX, proporcionan una visión dinámica del acoplamiento emergente de la globalización, entre los sistemas socioeconómico y biofísico de la Tierra (Steffen *et al.*, 2015). La perspectiva geoambiental analiza los procesos de continua transformación del planeta, engloba la relación entre el patrimonio de los recursos naturales y la sociedad. Conlleva al conocimiento del medio ambiente de un territorio, así como de



las actuaciones ejercidas sobre el mismo debidas, a procesos naturales como humanos (Cervantes Guerra, 2016). En la región de Villa María, Córdoba existen escasos estudios y se desarrollan investigaciones puntuales de suelos sin un marco de análisis de la geología de superficie, entendiendo que cada suelo presenta una calidad intrínseca que depende de los factores formadores que le han dado identidad y de los procesos pedogenéticos actuantes. Por lo que el objetivo principal es analizar las características geoambientales de los suelos en la región de Villa María, Córdoba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la cuenca media del río Ctlamochita, planicie fluvioeólica central del departamento General San Martín, Córdoba, Argentina (Figura 1). Villa María, ciudad cabecera, constituye junto a Villa Nueva un conglomerado y son las principales ciudades intermedias del departamento. Se caracteriza por un clima templado subhúmedo de tipo monzónico (Rodríguez *et al.*, 2021) con pequeños relictos aislados de vegetación nativa, en un paisaje agrícola, de la Provincia Biogeográfica Pampeana, Distrito del Espinal (Arana *et al.*, 2021).

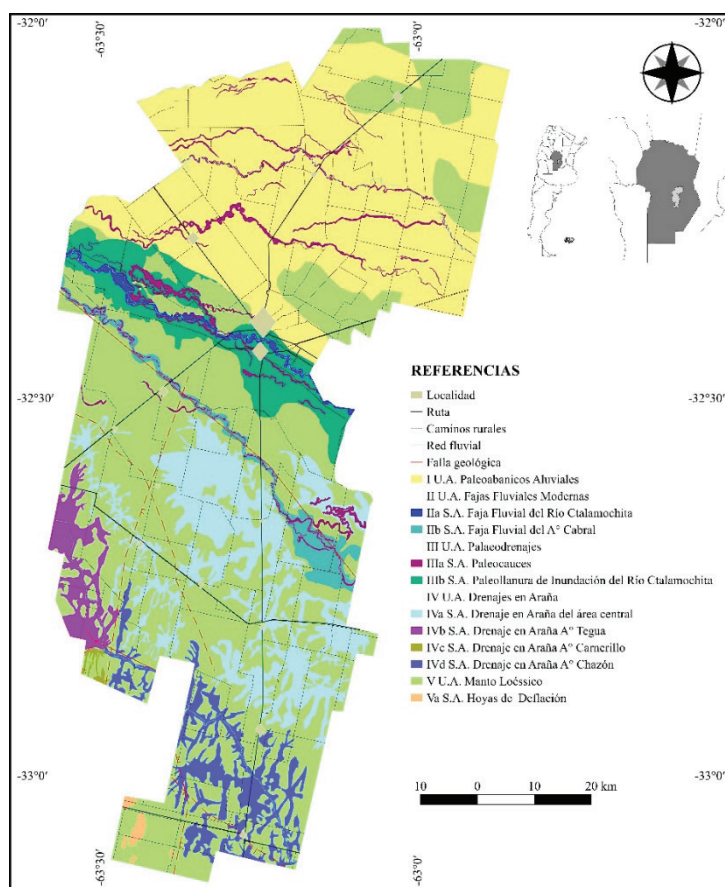


Figura 1. Ubicación del área de estudio (Rodríguez *et al.*, 2021).

Su geomorfología se destaca por el gran Paleoabancico aluvial del río Ctlamochita, reconocible por la presencia de paleocauces que presentan un diseño distributivo radial, compuesto por sedimentos fluviales que se interdigitan con limos, arenas fluvio-eólicas y materiales loessoides (Carignano *et al.*, 2014). La principal estructura neotectónica que controla la región es el Lineamiento Rayo Cortado-Pampayasta-Alejandro (Costa *et al.*, 2014). En el departamento se destacan al norte geformas paleoaluviales, en la región central la dinámica fluvial del río Ctlamochita, en la zona sur geformas de sistemas lagunares radiales, mientras que el manto loésico se asocia a zonas altas del paisaje a lo largo de todo el departamento (Rodríguez *et al.*, 2021; Figura 1). Se desarrollan principalmente molisoles y en menor proporción alfisoles con problemáticas de salinidad y anegamiento (Bosnero *et al.*, 2006). La cuenca lechera de Villa María representa una actividad de relevancia económica y social, aunque se redujeron la cantidad de tambos con concentración de estable-

cimientos de mayor escala y avance de la producción agrícola (Grasso y Schaigorodsky, 2017). Metodológicamente se tomaron como base los conceptos de Jenny (1941), Brown *et al.* (1971) y Zinck (2012), se seleccionó una transecta de suelos representativa de la variabilidad geomorfológica de la región de Villa María y se efectuó el análisis geoambiental, de acuerdo a Cervantes Guerra (2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las geoformas que coexisten son consecuencia de una larga historia de dinámica fluvial y eólica, condicionadas por los lineamientos tectónicos regionales. Las geoformas paleoaluviales al norte de Villa María presentan relictos de vegetación natural en cercanías de arroyos y paleocauces con una distribución compleja de los suelos. Abarca la parte central del gran Paleoabanico aluvial Ctlamochita, caracterizado por Carignano *et al.* (2014) por diferentes paleoabanicos coalescentes que nacen en Pampayasta, Arroyo Algodón y Villa María. Sobre este último se desarrollan principalmente Haplustoles údicos que de acuerdo a Bosnero *et al.* (2006) pertenece la Serie Ballesteros (Ba) del Complejo Ba11. El relieve se caracteriza por planos deprimidos con bajo escurrimiento superficial en manto hacia el sureste. Las problemáticas de uso y manejo de la tierra en zona rural se asocian a la variabilidad de la sodicidad. Manzotti *et al.* (2019) desarrollaron una caracterización de patrones espaciales multivariados de sodicidad que permiten determinar zonas diferenciadas y ambientes de manejo. En cambio, en zona periurbana la principal problemática es el avance acelerado de la urbanización, donde los establecimientos rurales se encuentran amenazados a replanificar el uso y manejo del suelo o mantenerse hasta que se los permita la legislación. Rojas y Torre (2018) exponen que esta problemática incide en el desinterés por innovar en las metodologías de trabajo, ya que consideran que la urbanización los desplazaría. Además, el uso y manejo ganadero desde hace más de 30 años con siembra directa de alfalfa desencadena consecuencias de alta compactación de suelo (Figura 2a).

En la región central de dominio fluvial (río Ctlamochita) se localiza el mayor relictos de vegetación nativa y la distribución geográfica de los suelos presentan un desarrollo pedogenético interdependiente de la morfogénesis fluvial. Existe una diferenciación entre la zona de la Faja Fluvial y la Paleollanura de Inundación del Catalamochita, debido a que en la Faja el bosque ribereño persiste y la frontera agropecuaria avanza desde la Paleollanura, aunque esta homogeneización se acentúa en los suelos del Manto Loésico. En la Paleollanura de Inundación, representativa de los agroecosistemas de la región central, se reconocen paleorasgos aluviales característicos de facies de planicie de inundación, algo sinuosa, expresión topográfica mínima y anchos medios de 4km. Predominan los Complejos y Consociaciones de las series Oncativo (Ot) y Ballesteros (Ba) y suelos menores (Bosnero *et al.*, 2006). A pesar de que estas series se asocian a Haplustoles énticos y údicos, se identificó como representativo a un Haplustol típico. Predomina un uso agrícola-tambero sin llegar al extremo de la homogeneización del paisaje, ya que algunos productores tamberos siguen persistiendo y otros están comenzando a implementar prácticas agroecológicas, así como pastoreo directo de baja carga, diferente al sistema agrícola-ganadero implementado en la historia de sus suelos y región. Pengue (2020) sostiene que la expansión de la frontera agropecuaria a zonas marginales de fragilidad ecológica ha ocasionado la degradación de los recursos naturales, con pérdidas cuantiosas de biodiversidad, es decir una homogeneización del paisaje a tierras de cultivo (Figura 2b).

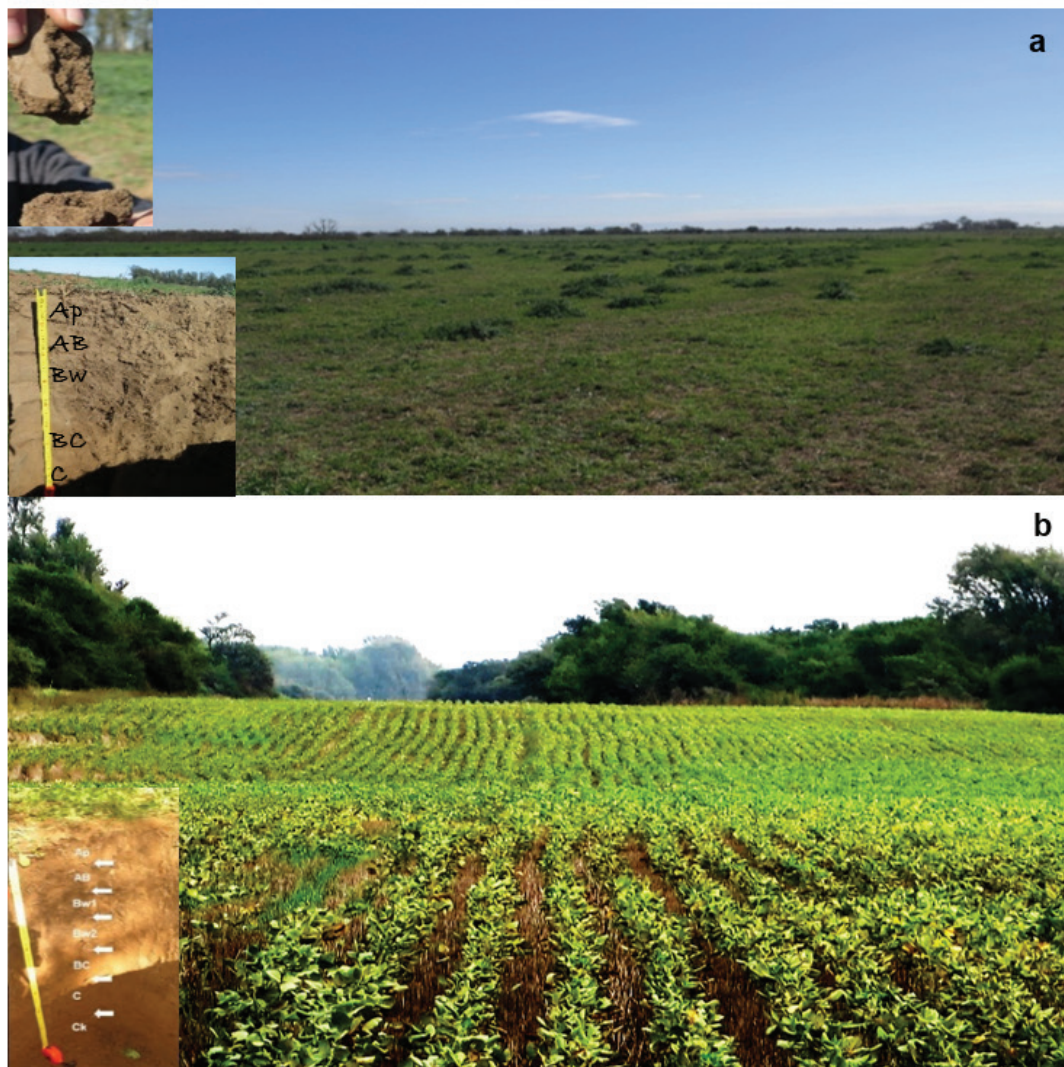
Desde el arroyo Cabral hacía el sur, las geoformas de sistemas lagunares radiales definen los drenajes en araña de los arroyos de esa región, donde la vegetación natural se localiza en algunas zonas costeras y la distribución de los suelos se asocian de manera concéntrica localizando complejos en cercanías de estos ambientes lénticos, mientras que las Consociaciones se encuentran en regiones más altas de dominio eólico denominado Manto Loésico. Los establecimientos rurales son escasos, principalmente ganaderos y predominan Complejos de suelos (Tc2 y Tc3) compuestos por las series que Bosnero *et al.* (2006) denominan como Ticino, Cayuqueo, El Sauce y La Resistencia. Aunque, Ronco (2018) los clasifica como Consociación Ticino (Tc), compuesta por la Serie Ticino (85%) y suelos similares (15%) que se presentan fundamentalmente en la transición con las unidades limitantes. El suelo representativo se caracteriza como un Natracualf típico que se desarrolla en un relieve cóncavo con pendientes entre 0-1% y nivel freático alto, aproximadamente a unos 43cm. Los procesos que se evidencian son arroyadas en manto con depósitos sedimentarios porosos





de estructura laminar de 3cm de espesor sobre los suelos de las regiones más bajas y erosión del primer horizonte pedogenético. Magnante *et al.* (2014) evidencian que el arroyo Tegua presenta marcados procesos de erosión en su cuenca media e incremento de caudales líquidos y sólidos en las áreas de descarga, causado en varias oportunidades severas afectaciones a infraestructura vial, así como también, inundación y sedimentación en campos productivos. En cuanto a los procesos de hidro y halomorfismo, se reflejan en los humatos de sodio y la salinización en superficie asociada a bioindicadores como la vegetación natural observada de Pelo de Chanco y Salicornia. Por lo tanto y en concordancia con Ronco (2018), bajo estas características el riesgo de anegamiento es muy elevado (Figura 2c).

En cuanto al dominio eólico las Series características en la región norte del departamento, área de influencia de La Playosa, predomina la Serie Sacanta (Sc) (Jarsún *et al.*, 1991). Se evidencian problemáticas potenciales de acuerdo a Barrera *et al.* (2020), de erosión eólica con generación de material particulado que afecta la calidad ambiental. En la región centro y sur: Oncativo (Ot), Manfredi (Mf), General Cabrera (GC) y Monte Alto (MA) (Bosnero *et al.*, 2006; Jarsún *et al.*, 1988).



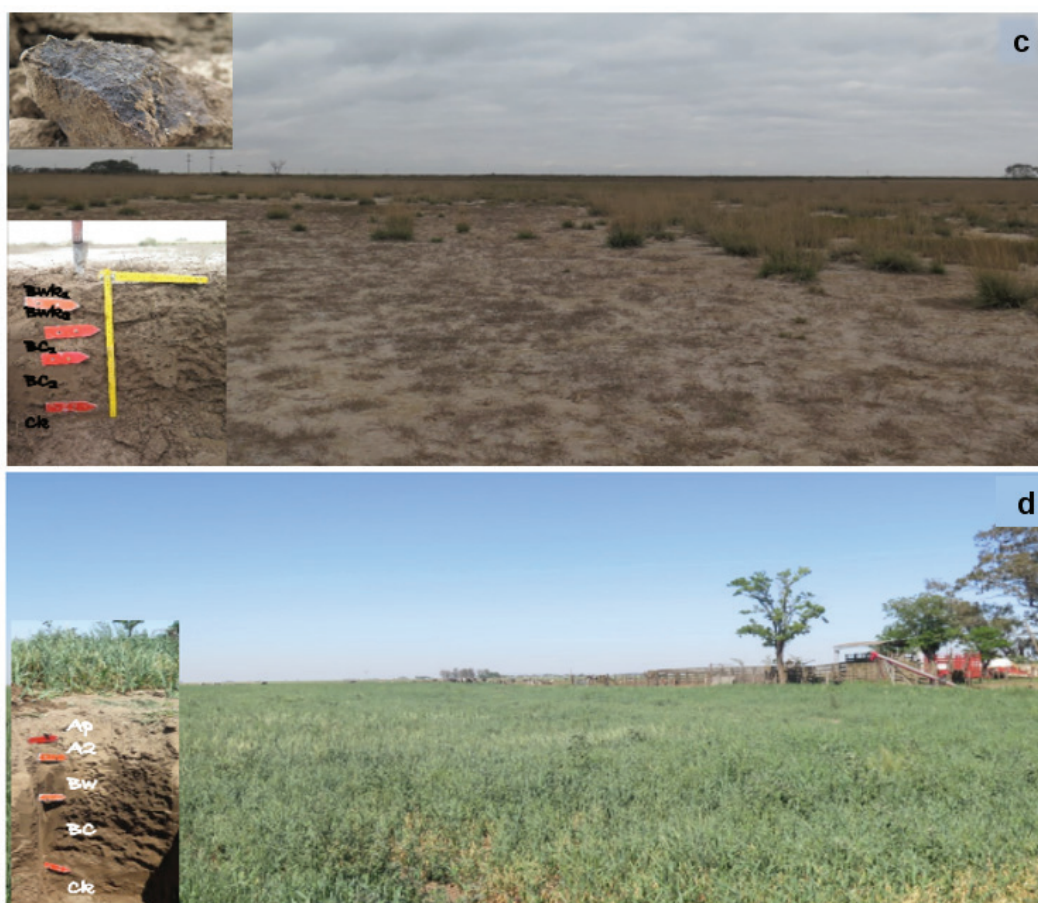


Figura 2. Geofomas y suelos intervenidos de la región de Villa María. a) Paleoabánicos Aluviales-Haplustol údico. b) Paleollanura de Inundación-Haplustol típico. c) Drenaje en Araña A° Tegna-Natracalf típico. d) Manto Loésico-Haplustol típico.

A pesar de que predominan las series clasificadas como Haplustoles énticos, en zona rural de Ausonia y Dalmacio Vélez se identificaron Haplustoles típicos con cultivo de Alfalfa para pastoreo con dominio de uso ganadero y problemáticas de compactación en el horizonte subsuperficial. El Manto Loésico se encuentra integrado en un paisaje de alta variabilidad espacial geopedológica lo que se refleja en los usos y manejos disímiles conviviendo en pocas hectáreas.

## CONCLUSIONES

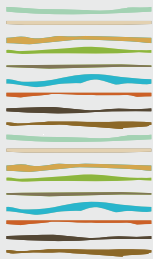
La implementación del análisis geoambiental en la región de Villa María permite integrar a los agroecosistemas en la distribución geográfica de los suelos a lo largo de la planicie fluvioeólica central del departamento General San Martín. Donde los espacios urbanos deben ser analizados como sistemas interdependientes de ecosistemas rurales a escala de cuenca para la conformación de sistemas regionales, imprescindibles para analizar la sustentabilidad y riesgos ambientales, que funcionan como base para autoridades y especialistas en la planificación del territorio y toma de decisiones. Esto permite legislar en materia de medio ambiente de acuerdo a características naturales y socioambientales en la región de Villa María para verificar el uso adecuado del suelo teniendo en cuenta el paleoambiente y la dinámica hidrogeológica actual del río Ctalamochita como base para el ordenamiento territorial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arana, M. D., Natale, E. S., Ferretti, N. E., Romano, G. M., Oggero, A. J., Martínez, G., ... y Morrone, J. J. (2021). Esquema biogeográfico de la República Argentina.
- Barrera, A., Rodríguez, M.J., Becker, A., Conci, E., Romero, A., Maldonado, L. y Grumelli, M. (2020). Evaluación Geoambiental en el ámbito urbano-rural de La Playosa, Córdoba, Argentina. Decimoquinto Encuentro del Centro Internacional de Ciencias de la Tierra, Primer Encuentro Virtual del ICES. Mendoza, Argentina.
- Bosnero, H., Pappalardo, J., Sanabria, J., Carnero, M. y Bustos, V. (2006). Carta de Suelos de la República Argentina, Hoja 3363-9, Villa María, Escala 1:50.000. Convenio Agencia Cba. Ambiente-INTA.
- Brown, L. F. (1971). Resource capability units: their utility in land-and water-use management with examples from the Texas coastal zone. *Virtual Landscapes of Texas*.
- Carignano, C., Kröhling, D., Degiovanni, S. y Cioccale, M. (2014). Geología de Superficie, Geomorfología. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Geología, Presente y Futuro. Córdoba, 747-821.
- Cervantes Guerra, Y. M. (2016). *Procedimiento para la evaluación geoambiental de zonas costeras. Estudio de caso sector costero urbano e industrial de Moa, Cuba* (Doctoral dissertation, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas).
- Costa, C; Massabie A., Sagripanti, G.; Brunetto, E. y Coppolecchia, M. (2014). Geología de Superficie, Neotectónica. XIX Congreso Geológico Argentino, Córdoba, Argentina.
- Goyas Céspedes, L., Cabanes Espino, I., & Zambrano Noles, S. P. (2016). Análisis jurídico del ordenamiento territorial y el uso del suelo como recurso natural insustituible. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 6-12.
- Grasso, M.A. y Schaigorodsky, E. (2017). Relaciones de trabajo en los tambos de la cuenca lechera de Villa María (Argentina). Persistencias y cambios entre 2003 y 2012. En: A Cerón et al. (eds.). La trama productiva láctea de Villa María: problemáticas y abordajes desde las Ciencias Sociales. 1a edn Pp. 46-59. Universidad Nacional de Villa María.
- Jarsún, B., Zamora, E., Lovera, E., Bosnero, H....y Balsano, N. (1988). Carta de Suelos de la República Argentina, Hoja 3363-15, Etruria, Escala 1:50.000. Plan Mapa de Suelos, Córdoba, INTA – MAGyRR.
- Jarsún, B., Zamora, E., Pacheco, V....y Nakama, V. (1991). Carta de Suelos de la República Argentina, Hoja 3363-3, James Craik, Escala 1:50.000. Plan Mapa de Suelos, Córdoba, INTA – MAGyRR.
- Jenny, H. (1941). Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology. Mineola.
- Magnante, L; S Degiovanni y N Doffo. 2014. Análisis de los cambios morfológicos y morfodinámicos del arroyo El cano (Córdoba) en la última centuria: factores de control, causas e implicancias ambientales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71(1): 56-68.
- Manzotti, M., Bonadeo E., Salvatierra P. y Basanta, M. (2019). Caracterización espacial de indicadores de calidad edáfica para determinar zonas diferenciadas en suelos sódicos del centro–este de Córdoba.
- Pengue, W.A., Fal, J., Alimonda, H., Barzola, E.J., Cassano, D., Vega Ávila Tulián, C.D.L. y Salazar Pérez, Y. (2020). Tajos en la tierra: miradas sobre la explotación del ambiente y los recursos naturales en la Argentina. Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Rodríguez, M.J., Conci, E., Becker, A., Grumelli, M., Ledesma, M.M., Rangone, A., Forgioni, F. y Bouza, P. (2021). Environmental risk in the fluvio-aeolian plain of the region center of the General San Martín Department, Córdoba, Argentina. In: P. Bouza et al. (Eds.): *Advances in Geomorphology and Quaternary Studies in Argentina*, SPRINGEREARTH, pp. 244–284. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66161-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66161-8_11)
- Ronco, E. (2018). *Mapa morfopedológico como herramienta base para el ordenamiento territorial en la cuenca baja del arroyo Tegua, Córdoba*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina.
- Rojas, MB y Torre, JP. (2018). *Indicadores ambientales en un parche agrícola ganadero del periurbano de Villa María, Córdoba*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Villa María. Villa María, Argentina.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.
- Zinck, J. A. (2012). Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands.







## CIENCIA CIUDADANA PARA ESTUDIAR EL COMPOSTAJE DOMICILIARIO

Rosanigo, M.P.<sup>1\*</sup>, L. Piluso<sup>1</sup>, M. Semmartin<sup>1</sup>, N. Mazzeo<sup>1</sup>, V.I. Pierini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente.

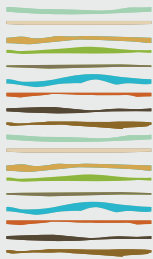
\*Charcas 4260 5 C, CABA (1425), mrosanigo@agro.uba.ar

### RESUMEN

Los restos orgánicos representan el 50% de los residuos generados en los hogares. Su entierro en relleno sanitario, además de requerir su transporte, genera gases de efecto invernadero y lixiviados. Por otro lado, se desperdician materiales útiles para producir enmiendas orgánicas. El compostaje domiciliario es una técnica que permite el tratamiento *in situ* de los residuos orgánicos a bajo costo. Este proceso permite involucrar al ciudadano en la problemática de los residuos haciéndolo consciente de su generación y su capacidad de actuar. Desde la Facultad de Agronomía desarrollamos el proyecto Composta:Orgánicos ([www.labciudadano.net](http://www.labciudadano.net)). Su objetivo es generar información accesible a la comunidad sobre las características del compostador urbano, el proceso de compostaje domiciliario en la Ciudad de Buenos Aires (CABA) y la calidad del producto generado, así como incentivar esta práctica. Es un proyecto de ciencia ciudadana donde los vecinos de la ciudad, luego de responder a una encuesta, donan una muestra de su compost terminado para estudiarlo en el laboratorio. Posteriormente, vecinos y científicos analizan los resultados y buscan soluciones a los problemas que surgen al compostar. Se realizaron 162 encuestas para conocer sus perfiles, motivaciones, identificar las técnicas que utilizan y las dificultades que enfrentan. Las encuestas revelaron que en el 40% de los hogares, una persona se encarga del compostaje, mientras los demás contribuyen con la separación. El 56% de las personas compostan para reducir sus residuos. La mayoría de las composteras se ubica en balcones, patios o terrazas y solo un 10% en el interior de la vivienda. En cuanto a las problemáticas declaradas, el 73% de las personas que agregan más residuos húmedos (principalmente restos de frutas y verduras) que secos presentaron exceso de humedad. Para solucionarlo, la mayoría agrega más residuos secos mientras que la frecuencia de volteo no representa una mejora. A la hora de buscar soluciones a estos problemas el 63% recurre a internet o a referentes en redes sociales. En relación con los lixiviados producidos, el 55% los recoge y aprovecha, mientras que el 19% los desecha. Al analizar los datos junto a los vecinos será interesante conocer si quienes reaprovechan el lixiviado lo reintroducen al compost y esto relaciona con mayor salinidad. Solo tres personas declararon incorporar excrementos animales al compost. Esto cobra relevancia si se considera que el 25% lo aplica en su huerta. Las primeras 4 muestras de compost analizadas superaron 60% de humedad, poseen un pH de 8.5 ( $\pm 1.2$ ), CE de 7.5 mS.cm<sup>-1</sup> ( $\pm 1.8$ ) y presentan piedras y terrones como materiales inertes más frecuentes (12.4% $\pm 4.5$ ). En base a estos parámetros, se encuentran fuera de lo estipulado para compost calidad A y, en algunos casos, calidad B según la normativa nacional. A pesar de los problemas relevados, se evidencia una población preocupada y ocupada en dar solución a la problemática de los residuos orgánicos. Alentar a otros ciudadanos a través de campañas específicas, con referentes en redes sociales y apoyados en soluciones provenientes de la misma comunidad puede ser el camino para reducir el entierro de residuos orgánicos domiciliarios.

**Palabras clave:** residuos orgánicos, compostador urbano, calidad del compost





## EVALUACIÓN DE PLAGUICIDAS RESIDUALES EN CULTIVOS DE INVIERNO EN EL SUDESTE BONAERENSE

Santos, D.<sup>1</sup>, V. Aparicio<sup>2\*</sup>, E. De Geronimo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires, Argentina;

<sup>2</sup> INTA, Estacion Experimental Agropecuaria Balcarce, Ruta 226, km 73,5 (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

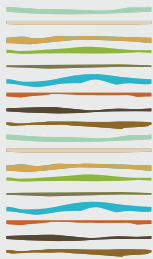
\*aparicio.virginia@inta.gob.ar

### RESUMEN

En la actualidad la producción agrícola de la región pampeana se realiza principalmente bajo el sistema de siembra directa (>90 % de la superficie agrícola), con alta predominancia de cultivos de verano (>75 % de la superficie agrícola), y utilización de tecnologías de tolerancia a herbicidas (glifosato en soja y maíz e imidazolinonas en girasol y maíz). Mantener altas producciones agrícolas bajo este sistema implica la utilización de grandes cantidades de plaguicidas, los cuales terminan acumulándose en el suelo. El objetivo de este trabajo es determinar los niveles de plaguicidas residuales presentes en los suelos a cultivarse con trigo y cebada. Para esto se recolectaron muestras de suelo en 11 lotes diferentes, pertenecientes a diferentes productores, del partido de Balcarce (Argiudol típico). De cada lote se tomaron muestras compuestas a diferentes profundidades (0-2, 2-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm), entre los 10 días pre y post siembra. Posteriormente, se determinaron los plaguicidas mediante cromatografía líquida de ultra-alta performance acoplada a espectrofotometría de masa en tándem (UHPLC-MS/MS). Se hallaron 21 compuestos a diferentes niveles. Los compuestos encontrados con mayor frecuencia fueron los herbicidas metolaclo (rango: 77 – 3210  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de suelo), 2,4 D (0 -540  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), acetocloro (4 – 338  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), glifosato (<4 – 933  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y su metabolito ácido amino metil fosfónico (AMPA; 3 - 4707  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), fluorocloridona (0 – 198  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y atrazina 0 – 6 ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y sus metabolitos; Atz-d5 (0 – 45  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y hidroxil-Atrazina (0 – 9  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), el fungicida epiconazole 0 – 24 ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y los insecticidas imidacloprid (0 – 67  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y clorpirifos (0 – 7  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ). Otros compuestos encontrados en menor frecuencia fueron los herbicidas flumioxazin (0 – 55  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), fomesafen (0 – 92  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), metsulfuron (0 – 9  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), glufosinato de amonio (3 – 6  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), dicamba (27 – 71  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), sulfentrazone (0 – 21  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), imazapir (0- 26  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) e imazetapir (0- 26  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), y los fungicidas triticonazole (0 – 7  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) y tebuconazole (0 – 7  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ). En cuanto a las concentraciones de los plaguicidas a diferentes profundidades de suelo fue similar entre moléculas, en promedio; 32 % de 0 - 2 cm, 68 % de 0 – 5 cm, 80 % de 0 – 10 cm y >90 % en los primeros 15 cm; excepto para el glufosinato de amonio, el cual mostró valores constantes en el perfil. Esta evaluación en el sudeste bonaerense nos muestra la alta y variable concentración de residuos de plaguicidas presentes en los lotes de producción, lo cual nos va a permitir poder determinar en futuras investigaciones cuánto de estos plaguicidas residuales logran ser absorbidos y translocados por la planta hacia el órgano de consumo.

**Palabras clave:** Plaguicidas, UHPLC-MS/MS, suelos, cultivos.





## **AVANCES EN ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN Y REMEDIACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE ARGENTINA**

Sasal, M.C.<sup>1</sup>

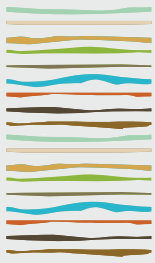
<sup>1</sup> INTA- EEA Paraná. Ruta 11, km 12,5, (3101) Oro Verde, Prov. de Entre Ríos,  
sasal.maria@inta.gob.ar

### **RESUMEN**

Argentina se enfrenta a cambios globales que generarán inminentes desafíos para la producción agropecuaria. Entre ellos, limitar y adaptarse a los efectos del cambio climático, mejorar la seguridad alimentaria y nutricional y transitar hacia nuevos sistemas que resguarden los recursos naturales, restauren la biodiversidad y se anticipen y gestionen los riesgos extremos. Estos cambios se enmarcan en un contexto de necesidad de mejora de las condiciones de vida de los actores del sector agropecuario, de la competitividad económica de las empresas, y de demandas cambiantes de los mercados. La intensificación de la agricultura, que en los últimos 50 años generó incrementos sustanciales en la producción de alimentos, tuvo consecuencias ambientales negativas a escalas local y regional. Los cambios en el uso de los suelos y la simplificación de las secuencias de cultivos en la región han condicionado la capacidad reguladora del suelo mediante el deterioro de sus condiciones físicas, químicas y biológicas. Así, los procesos de degradación de suelo amenazan la calidad de las aguas debido a las pérdidas de suelo por erosión y el arrastre de fertilizantes y otros agroquímicos aplicados al suelo. El suelo constituye una primera barrera para evitar la contaminación de cursos de agua por actividades agrícolas. Sin embargo, estudios recientes indican que los ambientes acuáticos en cuencas bajo producción agrícola reciben el aporte difuso de plaguicidas en concentraciones superiores a los niveles de guía establecidos para la biota acuática, y son crecientes los reportes de eutrofización o detección de contaminantes emergentes como los fármacos veterinarios. La remediación ambiental consiste en implementar estrategias para eliminar o metabolizar sustancias contaminantes en el suelo o el agua (químicos agroindustriales, metales pesados, nutrientes y plaguicidas). En el caso del suelo, además se busca restablecer las características físicas y biológicas que lo hacen productivo, mejorar el balance de agua, carbono y el ciclo biogeoquímico de nutrientes. El gran desafío para el sector agroalimentario en la actualidad es incrementar la productividad y la competitividad, haciéndolo de una manera sustentable. Se analizarán diversos estudios que se han realizado en los últimos años que describen las amenazas ambientales asociadas al sector agroalimentario: eutrofización, pérdida de materia orgánica del suelo, calidad de agua para consumo animal y humano deteriorada, escorrentía, sobrepastoreo, deforestación. También, se analizan soluciones para mejorar la producción y al mismo tiempo proteger la calidad del medio ambiente. A diferentes escalas espaciales, temporales y de niveles organizativos se trabaja en el país sobre estrategias de conservación, mitigación y remediación. Se propone un enfoque integrado y multidisciplinario para la remediación y restauración de ambientes que garantice agroecosistemas funcionales y resistentes en un entorno cambiante.

**Palabras clave:** remediación, suelo, Argentina.





## **EFFECTO DEL USO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LAS PROPIEDADES DE UN ARGJUSTOL TÍPICO**

Sotomayor<sup>1\*</sup>, C., E. A. Arroyo<sup>1</sup>, G. A. Sanzano<sup>1</sup>, J. P. Navarro Di Marco<sup>1</sup>

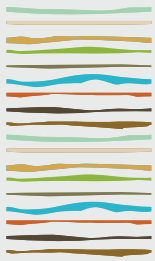
\*Sección Suelos y Nutrición Vegetal, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, Av. William Cross 3150, Las Talitas, Tucumán, Argentina, [csotomayor@eeaoc.org.ar](mailto:csotomayor@eeaoc.org.ar)

### **RESUMEN**

La provincia de Tucumán es la principal productora de limón del país con aproximadamente 1,6 millones de t para la campaña 2018. Las precipitaciones registradas durante la campaña 2018 - 2019, principalmente durante la cosecha provocaron su retraso. Esto derivó en la presencia de cantidades considerables de limón con exceso de tamaño, perdiendo la posibilidad de ser embalado y vendido al extranjero, a lo que se sumó la saturación de las industrias para su procesamiento. A este excedente de fruta debía encontrarse un destino que provocase el menor impacto ambiental posible. Partiendo de la premisa que todos los materiales orgánicos pueden aplicarse a los suelos, es que una distribución homogénea, picado e incorporación sería una alternativa a través de la cual, a mediano y largo plazo, puedan manifestarse modificaciones en sus propiedades. Experiencias de la EEAOC demostraron que el agregado de cachaza, residuo con elevado contenido de materia orgánica y nutrientes (nitrógeno, fósforo y calcio) podría mejorar el proceso de mineralización. Los objetivos del trabajo fueron por un lado, evaluar que las labores de disposición, picado e incorporación al suelo de estos materiales fueran factibles de realizarse y por otro lado el efecto que podrían provocar en propiedades edáficas. Se trabajó en un suelo Argiustol típico de textura franca, pH ligeramente ácido, bajo contenido de sales solubles, 1,5% de materia orgánica y 14,8 ppm de fósforo disponible, los cationes de cambio dentro de valores considerados normales. Se incorporó fruta en dos paños en dosis equivalentes a 120 y 200 t/ha (FC120 y FC200), en un tercero se mezcló fruta cítrica con cachaza CFC (relación 40:60) y un testigo sin aplicar (T). Se llevaron a cabo muestreos cada 15 días durante un año a las profundidades de 0 – 20 cm y 20 – 40 cm. Se evaluaron pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), fósforo disponible (Pdisp.), sodio (Na<sup>+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), calcio (Ca<sup>2+</sup>) y magnesio (Mg<sup>2+</sup>) intercambiables. Los resultados se analizaron estadísticamente empleando modelos mixtos. El pH, MO, P disp. y Ca<sup>2+</sup> incrementaron significativamente en CFC con respecto al T en los primeros 20 cm. También la CE manifestó incrementos significativos en CFC los cuales podrían llegar a ser críticos en el caso que se considere implantar un cultivo como caña de azúcar o citrus en el corto plazo de incorporada la mezcla. En la profundidad de 20 – 40 cm no se observaron diferencias en las propiedades analizadas. La distribución, picado e incorporación de estos materiales orgánicos se produjo sin inconvenientes, con el consecuente crecimiento de vegetación natural, ausencia de olores y vectores perjudiciales para la salud. El agregado de fruta cítrica sola y en mezcla con cachaza no ha provocado efectos negativos en las propiedades del suelo evaluadas, siendo de suma importancia contar con el monitoreo continuo de las propiedades de suelo. Consideramos de interés extender esta experiencia a otros tipos suelos, como aquellos considerados marginales para la actividad agrícola de nuestra provincia, dado que los resultados obtenidos han sido alentadores y podrían causar efectos beneficiosos en los mismos.

**Palabras clave:** fruta fresca, cachaza.





## RENDIMIENTOS Y BALANCE DE CARBONO CON FERTILIZANTES NITROGENADOS DE EFICIENCIA MEJORADA EN MAÍZ Y TRIGO

Peralta, G. E.<sup>1</sup>, G. Rubio<sup>2</sup>, M. Toribio<sup>3</sup>, M. A. Taboada<sup>1,4,5,\*</sup>

<sup>1</sup> Carbon Group Agro-Climatic Solutions SRL;

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales (INBA-CONICET);

<sup>3</sup> Profertil AS;

<sup>4</sup> Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía UBA;

<sup>5</sup> Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.

\* Avenida San Martín 4453 (1417DSE) Buenos Aires, mtaboada@agro.uba.ar

### RESUMEN

Los fertilizantes nitrogenados de eficiencia mejorada (FEM) minimizan las pérdidas de nitrógeno y aumentan la eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) por reducción de las pérdidas de nitrógeno por emisiones directas e indirectas de óxido nitroso ( $N_2O$ ). Se compararon los rendimientos de los cultivos, las emisiones estimadas de efecto invernadero (GEI) (IPCC 2019), y el secuestro de carbono del suelo (COS-modelos Roth-C y AMG) en fuentes de N convencionales (urea 46 % N) y FEM (inhibidor de ureasa [UI-eNeTotalR]; y urea recubierta con polímero de liberación controlada -CRF). Se analizó una red de fertilización a largo plazo establecida por Profertil SA en campos privados, compuesta por 118 experimentos de campo en 62 sitios en ambientes subtropicales a templados cultivados con maíz (2005/06 - 2019/20), y 66 sitios en ambientes templados y húmedos y semiáridos cultivados con trigo (2005/06 a 2016/17). En comparación con los fertilizantes convencionales, los FEM aumentaron los rendimientos hasta un 9,8 % en maíz (10476-10952 kg ha<sup>-1</sup>) y un 4,5 % en trigo (3930-4391 kg ha<sup>-1</sup>). Entre las fuentes EEF analizadas, la CRF tuvo un mejor desempeño que la urea en términos de dióxido de carbono equivalente ( $CO_2e$ ) (0,12 vs 0,05 kg  $CO_2e$  kg grano<sup>-1</sup>) en maíz y en trigo (0,26 vs 0,15 kg  $CO_2e$  kg grano<sup>-1</sup>), ya que no solo tuvo menores emisiones directas e indirectas de  $N_2O$ , sino que también tuvo rendimientos significativamente más altos. Los modelos de COS mostraron que los suelos fueron un sumidero de carbono en maíz (93 % de los experimentos) y en trigo (76 % de los experimentos). Las emisiones de GEI se redujeron en aproximadamente un 15% por el uso de FEM. Se concluye que los fertilizantes nitrogenados fueron altamente efectivos para compensar las emisiones de GEI en maíz (93% casos) y en menor medida en trigo (76% casos).

**Palabras clave:** gases de efecto invernadero (GEI); secuestro de carbono orgánico del suelo, eficiencia de uso del nitrógeno (EUN)

### INTRODUCCION

Las pérdidas de fertilizantes nitrogenados reducen la eficiencia del uso de nitrógeno (NUE) y aumentan las emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) (IPCC 2019). El uso de fertilizantes nitrogenados de eficiencia mejorada (FEM), como los inhibidores de la enzima ureasa (UI) y la urea recubierta de polímero (CRF), minimizan las pérdidas de N y aumentan la NUE (Thapa et al. 2016). Poco se sabe sobre el impacto de las fuentes de FEM en los rendimientos de maíz y trigo, en el balance de C de los suelos fertilizados y en las emisiones netas de GEI en general. En este trabajo analizamos una base de datos de una red de fertilización a largo plazo establecida en campos privadas que cubren alrededor de 35 Mha, (a cargo de Profertil SA) (Figura 1). Nuestros objetivos fueron responder a las siguientes preguntas: a) ¿cuál es el impacto de diferentes FEM en los rendimientos de los cultivos y NUE en maíz y trigo?; b) ¿Cuál es el impacto de los FEM en las emisiones de





GEI por unidad de N aplicado y por unidad de grano producido? y c) ¿Cuál es el potencial para compensar las emisiones de los suelos agrícolas con los diferentes FEM?

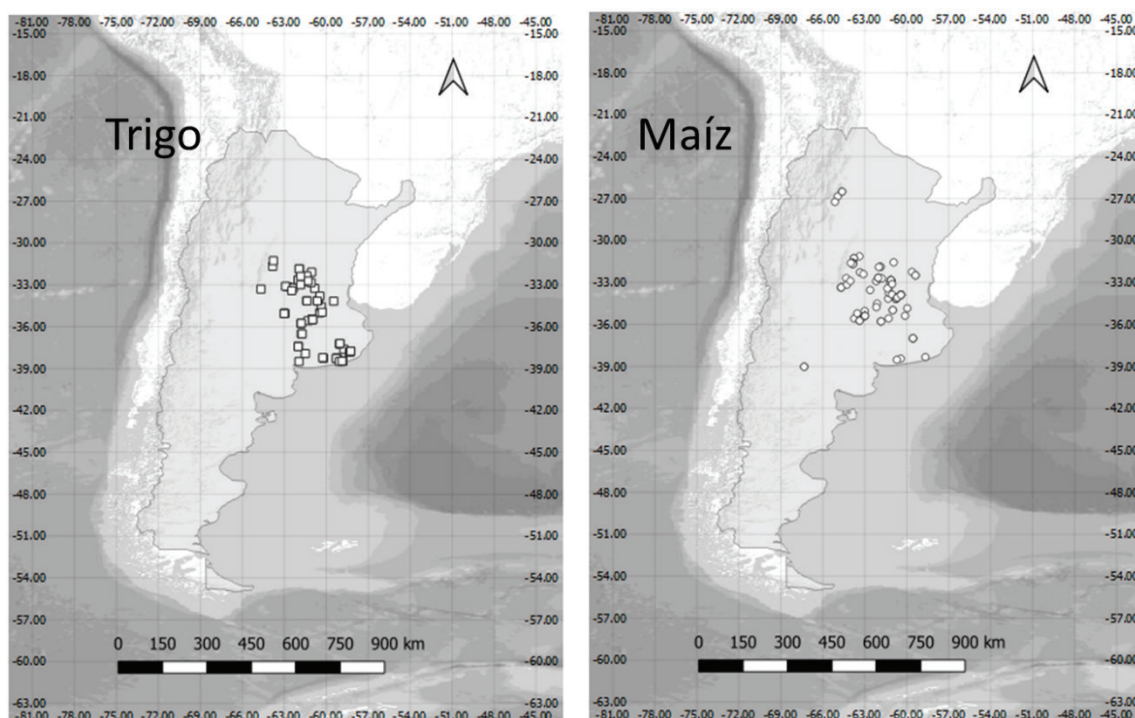


Figura 1. Ubicación de los sitios y ensayos de campo de la red de trigo y maíz de Profertil SA.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Ciento dieciocho experimentos de campo en 62 sitios ubicados en ambientes subtropicales a templados cultivados con maíz (2005/06 - 2019/20), y 66 sitios ubicados en ambientes templados y húmedos y semiáridos cultivados con trigo (2005/06 a 2016/17) (Figura 1) se analizaron para comparar los rendimientos de los cultivos, las emisiones de efecto invernadero (GEI) y el secuestro de COS en fuentes de N convencionales (urea 46 % N; UAN 32% N) y FEM (inhibidor de ureasa [UI-eNeTotalR]; y urea recubierta con polímero de liberación controlada -CRF). Las emisiones de GEI (residuos de cultivos, mineralización de COS, fertilizantes nitrogenados, quema de combustible) se calcularon utilizando las Directrices del IPCC (IPCC 2019). El secuestro de COS se estimó con dos modelos de carbono: a) el modelo AMG (Clivot et al. 2019, y b) el modelo Roth C (Coleman et al. 1997). Los resultados del estudio se analizaron mediante análisis de regresión y ANOVA utilizando modelos lineales mixtos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos medios de los cultivos no fertilizados fueron de 3381 kg ha<sup>-1</sup> en trigo y de 8918 kg ha<sup>-1</sup> en maíz, mientras que en las parcelas fertilizadas oscilaron entre 10476-10952 kg ha<sup>-1</sup> en maíz y 3930-4391 kg ha<sup>-1</sup> en trigo (Figura 2). En comparación con los fertilizantes convencionales, los FEM aumentaron los rendimientos hasta un 4,5% y 9,8 % en trigo y en maíz, respectivamente. Las CRF mostraron mejor performance con valores similares a los mostrados por la revisión de Zhang et al. (2018).



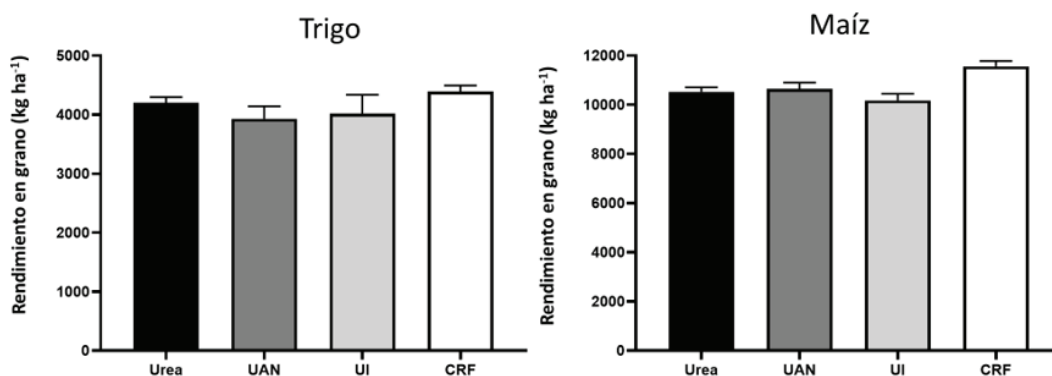


Figura 2. Rendimiento promedio de grano de ensayos de campo de trigo y maíz, utilizando diferentes fuentes de N: urea, solución de nitrato amónico de urea (UAN), urea con inhibidores de ureasa (UI) o fertilizantes de N de liberación controlada (CRF). Las barras indican la desviación estándar.

En ambos cultivos, el 61% de las emisiones de GEI ( $N_2O$ ) fueron causadas por fertilizantes nitrogenados, con una contribución mínima de combustibles fósiles por parte de las operaciones agrícolas. El secuestro de CO<sub>2</sub> contribuyó a mitigar las emisiones de fertilizantes en ambos cultivos: se estimaron remociones promedio de CO<sub>2</sub>e -470 kg CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup> y -790 kg CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>, en tratamientos fertilizados en ensayos de trigo y maíz, respectivamente. Comparado con los fertilizantes convencionales, los FEM redujeron significativamente ( $P < 0.05$ ) las emisiones netas de GEI por unidad de área hasta un 35% en trigo y hasta un 41% en maíz (Figura 3). Hubo mejor performance de CRF, en consonancia con la reducción de pérdidas de N que muestra la revisión de Zhang et al. (2018).

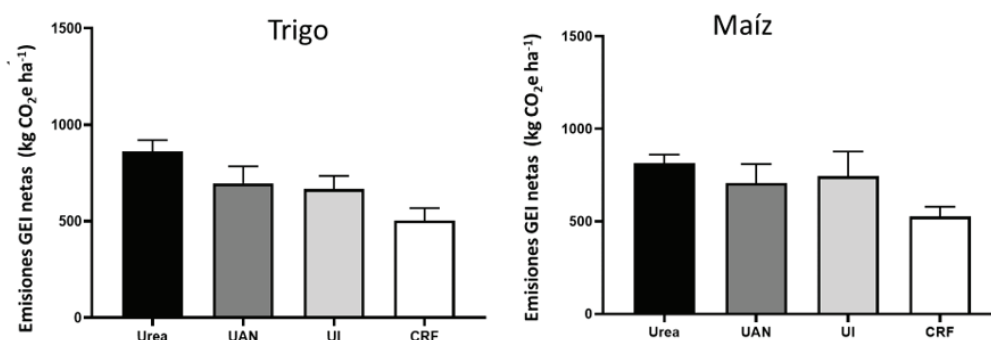


Figura 3. Emisiones netas totales promedio de los ensayos de campo de trigo y maíz, utilizando diferentes fuentes de N: urea, solución de nitrato amónico de urea (UAN), urea con inhibidores de ureasa (UI) o fertilizantes de N de liberación controlada (CRF). Las barras indican el error estándar.

Debido a los mayores rendimientos de los cultivos y al aumento de los aportes de residuos de C a los suelos, los modelos SOC mostraron que los suelos fueron principalmente un sumidero de carbono en el maíz (93 % de los experimentos) y en el trigo (76 % de los experimentos). El aporte de N como fertilizante incrementa en aporte de residuos agrícolas e impacta positivamente la materia orgánica de los suelos (Bai et al. 2019).

La intensidad de las emisiones de GEI también fue significativamente ( $P < 0,05$ ) menor con CRF que con urea y UI en maíz (0,12 vs 0,05 kg CO<sub>2</sub>e kg grano<sup>-1</sup>) y en trigo (0,26 vs 0,15 kg CO<sub>2</sub>e kg grano<sup>-1</sup>), y se redujeron al mínimo cuando los rendimientos de los cultivos fueron superiores a 4200 kg ha<sup>-1</sup> en trigo y 7800 kg ha<sup>-1</sup> en maíz (Figura 4).





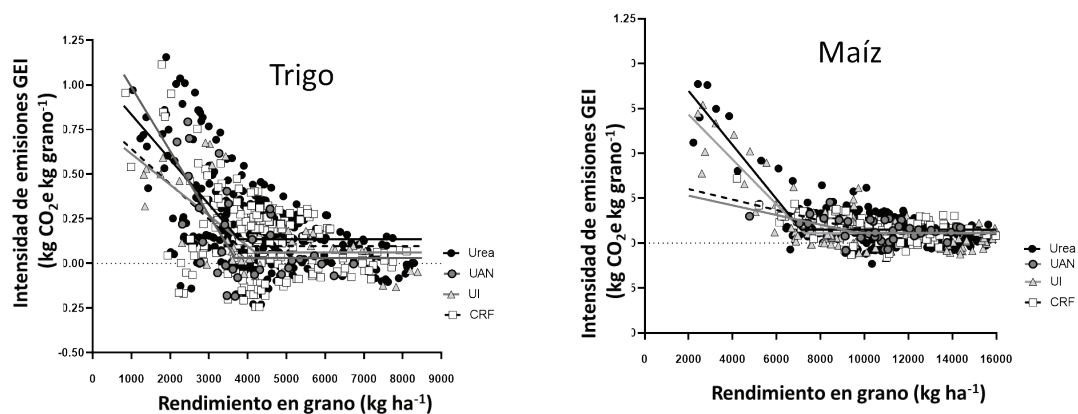


Figura 4. Intensidad de emisiones GEI y rendimiento de grano para diferentes fuentes de N: urea, solución de nitrato amónico de urea (UAN), urea con inhibidores de ureasa (UI) o fertilizantes nitrogenados de liberación controlada (CRF). Resultados de ensayos de campo de trigo y maíz.

Entre las fuentes FEM analizadas, la CRF tuvo un mejor desempeño que la urea y que el UAN, ya que no solo tuvo menores emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O, así como UI (IPCC 2019), sino que también tuvo rendimientos de cultivo significativamente más altos que las otras fuentes. Esto determinó una menor intensidad de emisiones de GEI con CRF. Este mejor desempeño del rendimiento debe atribuirse a menores pérdidas de N y mayor NUE. La mejor performance agronómica y ambiental de CRF respecto a UI debe ser analizada con precaución. Una revisión de Rose et al. (2018) alertó sobre posibles malinterpretaciones por el uso de dosis subóptimas de N. Futuros estudios debieran incluir la curva completa de respuesta a N para determinar la eficacia de todos los FEM.

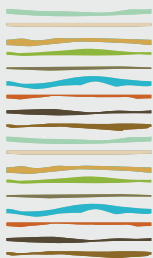
## CONCLUSIONES

Las emisiones de GEI se redujeron en aproximadamente un 15% por FEM. CRF mostró la menor intensidad de GEI (CO<sub>2</sub>e por kg de grano) en la mayoría de los experimentos en maíz y trigo. Los fertilizantes nitrogenados fueron altamente efectivos para compensar las emisiones de GEI en maíz (93% casos) y en menor medida en trigo (76% casos).

## BIBLIOGRAFIA

- Bai, X, Y Huang, W Ren, M Coyne, PA Jacinthe, B Tao,... & C Matocha. 2019. Responses of soil carbon sequestration to climate-smart agriculture practices: A meta-analysis. *Global Ch. Biol.* 25: 2591-2606. <https://doi.org/10.1111/gcb.14658>
- Clivot H, JC Mouny, A Duparque, JL Dinh, P Denoroy, S Houot, F Vertès, R Trochard, A Bouthier, S Sagot, & B Mary. 2019. Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model *Env. Modell. Soft.* ... 118: 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.04.004>
- Coleman, K, DS Jenkinson, GJ Crocker, PR Grace, J Klir, M Körschens, PR Poulton, & DD Richter. 1997. Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. *Geoderma.* 81: 29-44. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00079-7](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00079-7)
- IPCC. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
- Rose, TJ, RH Wood, MT Rose, & L Van Zwieten. 2018. A re-evaluation of the agronomic effectiveness of the nitrification inhibitors DCD and DMPP and the urease inhibitor NBPT. *Agric. Ecos. Env.* . 252: 69-73.
- Thapa, R, A Chatterjee, DA McGranahan, & A Daigh. 2016. Effect of enhanced efficiency fertilizers on nitrous oxide emissions and crop yields: A meta-analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 80: 1121-1134. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.10.008>
- Wang, W, C Cai, SK Lam, G Liu, & J Zhu. 2018. Elevated CO<sub>2</sub> cannot compensate for japonica grain yield losses under increasing air temperature because of the decrease in spikelet density. *Eur. J. Agron.* 99,:21-29. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.06.005>





## EL REGRESO DE LOS SUELOS A LA AGENDA GLOBAL

Taboada, M. A.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía UBA;

<sup>2</sup> Carbon Group Agro-Climatic Solutions SRL;

<sup>3</sup> Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.

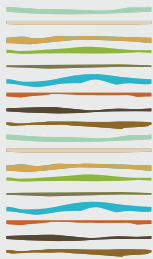
\* Avenida San Martíb 4453 (1417DSE) Buenos Aires, mtaboada@agro.uba.ar

### RESUMEN

Desde los albores de la ciencia del suelo entre fines del Siglo 19 e inicios del Siglo 20, han transcurrido distintas etapas en cuanto a incorporación y consolidación de nuevos conocimientos de suelos, los que se aceleraron a que siguiendo un orden cronológico comenzaron por los estudios básicos de rocas y a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial, por el aumento en la demanda de alimentos para una población global creciente. Fue punto cúlmine de estos avances la llamada Revolución Verde, que permitió afrontar y evitar las hambrunas que asolaban a muchos países del Tercer Mundo hasta inicios de los años '70, aunque con consecuencias no deseadas, como el aumento de la contaminación de aguas por uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosforados. A partir de los años '80 del siglo pasado, comenzó a verse un menor avance de la ciencia del suelo, medido por descensos en la cantidad e impacto de las publicaciones y un menor financiamiento de la investigación para temas puros de suelos. Como resultado, algunas especialidades como el reconocimiento de suelos casi desaparecieron, y muchos centros de investigación, o bien desaparecieron, o bien fueron incorporados a la nueva demanda centros dedicados a temas ambientales. Este ostracismo de la ciencia del suelo tuvo, sin embargo, una rápida reversión a fines del siglo pasado, ya no con temas puros de suelos, sino vinculados al cambio climático, alimentos y bioenergía, las pérdidas de biodiversidad, y políticas para la gobernanza de los suelos. Los suelos tomaron un rol central en la mitigación del cambio climático, por ser parte de las así denominadas Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN). Los suelos representan el mayor sumidero de carbono en ecosistemas terrestres y de agua continental, y particularmente, la mayor posibilidad de capturar carbono desde la atmósfera para ser almacenado en formas estables como carbono orgánico del suelo. De aquella agricultura basada en insumos externos que caracterizó a la Revolución Verde, se está desarrollando una nueva agricultura más resiliente frente al cambio climático, basada en el conocimiento, el reciclado de productos y un mayor conocimiento de los procesos biológicos. Frente a un total de emisiones de gases efecto invernadero de 35 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (Gt CO<sub>2</sub>e) en 2020, de las cuales el 62% se originan en la quema de combustibles fósiles, las SBN tienen un potencial de secuestrar 0,3 a 3 Gt CO<sub>2</sub>e anual, siendo la mejor estrategia posible para lograr la neutralidad de carbono hacia 2050. Así, de ser parte del problema, los suelos pasaron a ser parte de la solución para enfrentar el cambio climático y llegar a la neutralidad de carbono. Este cambio se está visualizando ya en nuestro país, donde muchos productores han adoptado métodos basados en el conocimiento, como la agricultura por ambientes, el control biológico de plagas y sistemas de pastoreo racionales. No obstante, aun falta mucho en cuanto a los sistemas de monitoreo y trazabilidad de estos cambios, que permitirán nuestro país pueda brindar respuestas efectivas en sus compromisos con la mitigación del cambio climático y el manejo sustentable del sector agropecuario.

**Palabras clave:** agricultura basada en conocimiento, mitigación del cambio climático, soluciones basadas en la naturaleza





## **EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS EN SUELOS DE MICROCUENCA AGRÍCOLA DECLARADA ZONA DE RESGUARDO AMBIENTAL**

Van Opstal, N.V.<sup>1</sup>, M.S. Seehaus<sup>1</sup>, J. Primost<sup>2</sup>, E.A. Gabioud<sup>1</sup>, M.G. Wilson<sup>1</sup>, A.B. Wingeyer<sup>1</sup>, M.C. Sasal, M.C.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Ruta Prov. 11 km. 12,5. Oro Verde, Entre Ríos.

<sup>2</sup>ILPLA, CONICET-UNLP, Bv 120 y 62, La Plata, Bs As.

[vanopstal.natalia@inta.gob.ar](mailto:vanopstal.natalia@inta.gob.ar)

### **RESUMEN**

Las zonas de resguardo ambiental, establecen distancias de prohibición de pulverización de agroquímicos en las zonas de interfase urbano-rural, a través de leyes provinciales y ordenanzas municipales. El destino de un plaguicida en el ambiente edáfico está gobernado por los procesos de retención, transporte y degradación, como por su interacción. El objetivo de este trabajo fue estudiar la evolución de concentraciones de plaguicidas en un suelo bajo una zona de resguardo ambiental. El sitio de estudio se ubica en la EEA INTA Paraná, Entre Ríos, en una microcuenca de 29 ha donde se realizan cultivos tradicionales de la zona (maíz, trigo, soja) bajo siembra directa. La zona de resguardo ambiental, abarca un lote de 16 ha, sistematizado, sin aplicaciones de plaguicidas desde la campaña 2019/20. Tiene dos laderas con pendientes de 4-8% y el suelo predominante es Argiudol ácuico fino (serie Tezanos Pinto). Se realizaron 4 muestreos de suelo durante el periodo 2019-2021, a dos profundidades (0-5 cm y 5-15 cm). Se analizaron un total de 125 plaguicidas, que incluyen herbicidas, insecticidas y fungicidas. Durante un período de 3 años, se detectaron 10 compuestos de plaguicidas y el metabolito AMPA. Distribuidos en 40% herbicidas de 3 familias químicas (triazinas, organofosfonatos y cloracetamidas), 30% insecticidas de 2 familias químicas (diamidas antranílicas, y neonicotinoides) y 30% fungicidas de 3 familias químicas (estrobilurinas, azoles y bencimidazoles). Los niveles de detección estuvieron entre 0 y 47 µg/kg. El plaguicida con mayor frecuencia de aparición fue la Clotianidina, que es un insecticida de la familia de los neonicotinoides, que se aplica como curasemilla. El metabolito AMPA, también se detectó con alta frecuencia. Los otros compuestos de plaguicidas encontrados fueron: atrazina, metalocloro, tiabendazol, azoxistrobin, s-metalocloro, epoxiconazol, clorantraniliprol, glifosato e imidacloprid. Atrazina se detectó en las dos primeras fechas de muestreo. Azoxistrobín, clorantraniliprol, epoxiconazol, e imidacloprid se detectaron en el primer muestreo. En cuanto a la profundidad de muestreo, en los 0-5 cm hubo mayor frecuencia de detección, que de 5-15cm. Estos resultados preliminares dan cuenta de la dinámica lenta de procesos de disipación de plaguicidas en el suelo de una zona de resguardo ambiental. Se prevé dar continuidad a los muestreos para caracterizar la dinámica de degradación de plaguicidas en suelos bajo la zona de resguardo.

**Palabras clave:** Agroquímicos, Detección, Argiudol ácuico.





Actas Tomo 1

XXVIII CACS

15 al 18 de noviembre de 2022

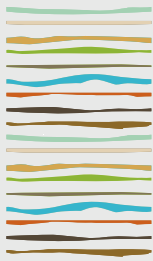
Buenos Aires – Argentina

[www.congreso2022.suelos.org.ar](http://www.congreso2022.suelos.org.ar)

ISBN 978-987-48396-7-1



9 789874 839671



## **SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL PERIURBANO DE LA CIUDAD DE RÍO CUARTO, CÓRDOBA**

Becker, A.R.<sup>1,2,3</sup>, M. Grumelli<sup>1,4\*</sup>, H.F. Schiavo<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto; Córdoba.

<sup>2</sup> Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María, Córdoba.

<sup>3</sup> Instituto Multidisciplinario de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Biotecnológica (IMITAB), CONICET-UNVM, Villa María, Córdoba, Argentina; Ruta Nacional 36, Km 601, (CP X5804BYA) Río Cuarto, Córdoba, Argentina, [abecker@exa.unrc.edu.ar](mailto:abecker@exa.unrc.edu.ar)

<sup>4</sup> Instituto de Ciencias de la tierra, Biodiversidad y Ambiente (ICBIA) CONICET-UNRC, Río Cuarto, Córdoba, Argentina

### **RESUMEN**

El periurbano es entendido como la zona de transición o ecotono entre campo y ciudad donde se despliegan complejos fenómenos ecológicos y sociales. La ocupación del suelo en las zonas periurbanas presenta una gran heterogeneidad y profundos problemas con un crecimiento acelerado de la población, urbanizaciones y conflictos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la sustentabilidad ambiental del periurbano de la ciudad de Río Cuarto. Se elaboró una cartografía ambiental a partir de conocimientos geológicos, tectónicos, estratigráficos, geomorfológicos, pedogenéticos, paleorasgos y procesos activos, entre otros. Se identificaron las unidades ambientales: planicie eólica, faja fluvio eólica y depresión con diverso uso actual (agrícola, ganadero, industrial, extractiva, habitacional y recreativo). En cada unidad se describieron y muestrearon los perfiles representativos de suelos; y la capacidad de uso y uso actual.

Se concluye que el conocimiento de las características de los suelos y capacidad de uso que integran las unidades ambientales del periurbano de la ciudad de Río Cuarto es imprescindible para establecer una Planificación y Ordenamiento Territorial ambientalmente sustentable. Es necesaria la planificación e implementación de políticas públicas entre el estado y el sector privado que generen los mecanismos e instrumentos para dar cumplimiento a las normativas municipales ambientales vigentes de las actividades en un espacio vital proveedor de servicios ambientales y complejos fenómenos socio-económicos.

**Palabras clave:** Ruralidad urbana, planificación territorial, políticas públicas.

### **INTRODUCCIÓN**

El periurbano es entendido como la zona de transición o ecotono entre campo y ciudad, donde se despliegan complejos fenómenos ecológicos y sociales (Crojethovich & Barsky, 2012). El área periurbana presenta características sociales y producciones heterogéneas con diversos usos del suelo que generan impactos, en la ciudad como espacios circundantes, desconocimiento de pautas naturales o por ausencia de estudios científicos que avalen la capacidad y vulnerabilidad del ecosistema. La identificación de las problemáticas sobre la ocupación del suelo en las zonas periurbanas presenta gran heterogeneidad y profundos problemas sociales, ambientales, entre otros, con un crecimiento acelerado de la población, urbanizaciones y conflictos (Barsky, 2005). Las gestiones políticas de los últimos años, han entendido que crecimiento es sinónimo de aumento de población, ambas variables, traducidas en el incremento de la superficie territorial y, por lo tanto, en la ampliación jurisdiccional de las localidades, sin considerar las posibilidades y limitaciones ambientales que presentan los ecosistemas. El aumento en superficie se asocia directamente a satisfacer la demanda habitacional sin considerar las prácticas de economías mixtas, rurales o sociales que soporten este aumento habitacional (Guzmán et al., 2017; Galfiori et al., 2020).



En el periurbano de la Ciudad de Río Cuarto son escasos los estudios sobre la sustentabilidad ambiental de este complejo espacio. Por ello se considera imprescindible disponer integralmente de información ambiental, como herramienta de base para una Planificación Territorial que permita asistir a los tomadores de decisiones y estrategias de gestión tanto públicos como privados sobre el uso y manejo ambientalmente sustentable de los suelos del periurbano de Río Cuarto (Córdoba).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el periurbano de la ciudad de Río Cuarto, departamento Río Cuarto, Córdoba, Argentina (Figura 1a). El clima es templado subhúmedo (787mm, 16,5°C), tipo monzónico con vientos de dirección predominante N-NE y velocidades medias de 12,5 km h<sup>-1</sup> (Serie Universidad Nacional Río Cuarto, 1976-actualidad). La vegetación natural está restringida a pequeños relictos, bordeando cursos de agua, caminos, vías férreas de la Provincia Biogeográfica Pampeana, Distrito del Espinal (Arana et al., 2021).

Geomorfológicamente los principales rasgos del área están vinculados a los diferentes climas del Pleistoceno superior-Holoceno, en el cual ambientes fluviales, fluvio-palustres y eólicos determinaron las litologías expuestas (Grumelli et al., 2018).

En el área se identifican fundamentalmente dos grandes usos del territorio: rural y urbano. El uso rural, principal pilar de la economía, agricultura y ganadería. La agricultura extensiva ocupa la mayor superficie con especies de ciclo estival (soja, maíz, maní, girasol y sorgo) bajo siembra directa con el paquete tecnológico tradicional que se utiliza en la mayoría de las regiones agrícolas del país (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022). Además, se desarrolla agricultura intensiva con producción hortícola, a campo cultivos de hoja (lechuga, acelga, espinacas, etc.), y bajo cubierta hortalizas de fruto para consumo en fresco (tomate, pimiento, berenjena, entre otros). La ganadería se realiza en forma extensiva destinada a la producción de bovinos, ovina y porcina, e intensiva dedicada a la cría en feed lot de bovinos (Figura 1 b, c, d, e).

En relación al uso urbano, se identificó el desarrollo de la actividad industrial (metalmecánica), extractiva (áridos y ladrilleras), habitacional (viviendas permanentes, centros vecinales y espacios recreativos) Figura 1 f, g, h.



Figura 1. a) Ubicación del área de estudio y unidades ambientales del periurbano, uso actual del suelo b) agrícola, c) hortícola a campo, d) hortícola cubierta, e) ganadero, f) arenera, g) ladrillera, h) habitacional.

Metodológicamente, se elaboró la cartografía ambiental del periurbano de Río Cuarto (Sistema de Información Geográfica-QGIS) en base a conocimientos geológicos, tectónicos, estratigráficos, geomorfológicos, pedogenéticos, paleorasgos y procesos activos, entre otros. En cada unidad identificada se describieron y muestrearon los perfiles representativos de suelos (Soil Survey Manual, 2017). Se realizó análisis de rutina: materia orgánica (%) pérdida por ignición (LOI) (Heiri et al. 2001), granulometría (%) por método combinado de pipeta (fracción <50µm) y tamizado (fracciones 50 – 2000 µm); pH (relación 1:2,5) (Jackson, 1970). Se efectuaron entrevistas semiestructuradas a actores sociales claves (Plencovich et al., 2017). Se determinó la capacidad de uso (Klingebiel & Montgomery, 1961) y uso actual de los suelos.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el periurbano se reconocen las unidades ambientales: Planicie eólica, Faja fluvio eólica y depresión con diverso uso actual (Figura 1) coincidiendo con lo expresado por Grumelli et al. (2018) y Becker et al. (2021). La Planicie eólica, suave a moderadamente ondulada, donde alternan alineaciones de antiguos médanos longitudinales de rumbo NNE-SSO y depresiones asociadas de origen tectónico y paleocanales, con pendiente general hacia el SE entre 1 y 2 % aunque localmente suele ser más pronunciada, de dirección variable, y granulometrías arenas finas a muy finas susceptibles a procesos de erosión eólica e hídrica. Los perfiles representativos de la unidad Planicie eólica son la Serie (t) Río Cuarto y la Serie (t) El Tropezón. Los suelos de la Serie (t) Río Cuarto (Ap Bw1 Bw2 BC C Hapludol típico, franco arenoso, illítico, térmico) son los más extensos del área, se desarrollan en sedimentos de la planicie eólica con paleorasgos fluviales en un relieve cóncavo bajo, pendiente de 0-1%, lenta permeabilidad y escurrimiento, drenaje moderado, desarrollo estructural moderado, moderada a escasa iluviación en los horizontes B; materia orgánica en el Ap 1,8%. La caracterización del material parental de la Serie (t) Río Cuarto (Grumelli et al. 2022) y la variabilidad espacial de los Hapludoles de la Serie (t) Río Cuarto en una transecta del periurbano de río cuarto coincide con señalado con Giordanino et al. (2022).

La Serie (t) El Tropezón (Ap-A2-Bw-C Hapludol típico, franco arenoso, illítico, térmico), se desarrolla asociado a sedimentos de médanos longitudinales en un relieve normal, posición de loma alta, pendiente de 0-1%, permeabilidad moderadamente rápida, escurrimiento medio, drenaje moderado, moderada estructuración, escasa iluviación de arcillas (B); materia orgánica en Ap (4%). Las Series Río Cuarto (Capacidad de uso III<sub>we</sub>) y El Tropezón (Capacidad de uso IV<sub>e</sub>), son aptas para la agricultura, con recomendaciones para evitar degradación progresiva de los suelos. Actualmente su uso es agrícola-ganadero, con predominio de cultivos (soja y maíz).

La Faja Fluvio-eólica y depresión, caracterizada por la faja fluvial del río Cuarto, curso con alta variabilidad (ancho, profundidad, diseño) controlada por tectonismo y el régimen hidrológico, disminuye de N a S (de 6 a 1 km). Presenta una depresión asociada a bajos elongados y suaves depresiones de relieve plano con extensas playas salinas (4 km longitud y 1,5 km de ancho). El nivel freático se encuentra entre 2 y 4 m de profundidad y, en algunos sectores subaflorando. El grado de hidrohalomorfismo y desarrollo de playas salinas está vinculado principalmente a la fluctuación del nivel freático y la composición sulfatada sódica del agua. Esta unidad presenta diferencias morfológicas y altitudinales. En el extremo Norte, paleocanales (50 m de ancho) muy disipados, que dan cuenta de la génesis fluvial de la unidad, vinculada a una posible antigua salida (desbordes) del río Cuarto; mientras que, hacia el sur, estos rasgos no se perciben, el relieve es más plano e incrementa el grado de hidrohalomorfismo y desarrollo de playas salinas.

Los suelos de la Serie (t) Tres Acequias y Serie (t) San José pertenecen a esta unidad. La Serie (t) Tres Acequias (Ap-AB-Bt1-Bt2-Bt3-BC-C1-C2 Argiudol típico, franco arenoso muy fino, térmico) se desarrolla en la terraza antigua de la faja fluvial, relieve normal en posición de loma plana, pendiente del 1%, escurrimiento lento a medio, permeabilidad moderadamente rápida y buen drenaje, con buen desarrollo pedogenético, abundantes rasgos de iluviación (Bt) y materia orgánica 4,6% (Ap). Son suelos aptos para la agricultura (III<sub>e</sub>) con recomendaciones; actualmente con uso mixto agrícola-ganadero, hortícola y ladrilleras. La Serie (t) San José (Apk-Bt1k-Bt2k-Bck-Ck Natrudol cálcico, franco limoso, térmico), se encuentra en un relieve cóncavo, pendiente de 0,5% a 1%, escurrimiento muy lento, alto peligro de anegamiento, abundantes sales o álcalis y nivel freático próximo a la superficie, con abundantes rasgos de iluviación (Bt), carbonatos en todo el perfil y materia orgánica 6,7%. Su capacidad de uso (VI<sub>ws</sub>) debido al riesgo de anegamiento y problemas de salinidad presenta graves limitaciones y no es apta para cultivos. Actualmente posee uso agrícola ganadero.

La caracterización de los suelos de las unidades ambientales identificadas coincide con lo expresado por Becker et al. (2022) en relación al uso y manejo sustentable de los suelos del periurbano. En ciudades intermedias como la ciudad de Río Cuarto la evaluación de la sostenibilidad territorial es señalado por Galfioni et al. (2020) concordando con lo analizado en el periurbano de la ciudad de Río Cuarto.





## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten establecer que el conocimiento de las características de los suelos y capacidad de uso que integran las unidades ambientales del periurbano de la ciudad de Río Cuarto es imprescindible para establecer una Planificación y Ordenamiento Territorial ambientalmente sustentable. Se observan suelos con distintas capacidades agrícolas y para el crecimiento urbano están siendo explotados o subexplotados vinculados al crecimiento de la ciudad de Río Cuarto. Además, es necesario la planificación e implementación de políticas públicas entre el estado y el sector privado que generen los mecanismos e instrumentos para dar cumplimiento a las normativas municipales ambientales vigentes de las actividades en un espacio vital proveedor de servicios ambientales y complejos fenómenos socio-económicos.

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el Proyecto "Caracterización geoambiental y alternativas de uso sustentable del periurbano de Río Cuarto, Córdoba, Argentina". PPI-UNRC (2020-2022).

## BIBLIOGRAFÍA

- Arana, M D; ES Natale; NE Ferretti; GM Romano; AJ Oggero; G Martínez & JJ Morrone. 2021. Esquema biogeográfico de la República Argentina. Opera lilloana 56, Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Barsky, A. 2005. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Vol.9. N194 (36).
- Becker, A; M Grumelli & M Tinant. 2022. Uso y manejo sustentable del recurso suelo del periurbano, Córdoba, Argentina. Actas del XXI Congreso Geológico Argentino. Puerto Madryn, Chubut.
- Crojethovich, MA & A Barsky. 2012. Ecología de los bordes urbanos. Di Pace, M. & Caride Bartrons, J (Eds). Ecología Urbana. Buenos Aires. UNGS. 185-232.
- Galfioni, M; G Maldonado & A Degioanni. 2020. Evaluación de la sostenibilidad territorial en ciudades intermedias. Estudio de caso en la Ciudad de Río Cuarto (Argentina). Estudios Geográficos. Vol. LXXIV (Nº 275): 469-493.
- Giordanino, L; M Grumelli & H Schiavo. 2022. Variabilidad espacial de los Hapudoles de la Serie (t) Río Cuarto en una transecta del periurbano de Río Cuarto, Córdoba. Actas del XXI Congreso Geológico Argentino. Puerto Madryn, Chubut.
- Guzmán, A; A Becker; MJ Rodríguez & M Grumelli. 2017. Análisis de los parches de uso del suelo en el periurbano de Villa María, Córdoba, como herramienta para la planificación urbana. Actas XX Congreso Geológico Argentino. Simposio 14. Pedogénesis y cartografía de suelos como herramientas para la planificación sustentable. 55-63.
- Grumelli, M; A Becker; H Schiavo & T Guillaumet. 2022. Caracterización del material parental de la serie (t) río cuarto, Córdoba, Argentina. Actas del XXI Congreso Geológico Argentino. Puerto Madryn, Chubut.
- Grumelli, M; A Becker & H Schiavo. 2018. Paleoambientes del Pleistoceno medio-Holoceno en la planicie pedemontana del sur de Córdoba. <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/naturalia/wp-content/uploads/2018/09/Naturalia-Patagonica-Vol-10>.
- Heiri, O; A Lotter & G Lemcke. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology 25: 101-110.
- Jackson, M. 1970. Análisis Químico de Suelos. Ed. Omega, Barcelona.
- Klingebiel, A & P Montgomery. 1961. Land capability classification. USDA-SCS. Agriculture Handbook 210.
- Plencovich, MC; LI Vugman; G Cordon; M Rodriguez; A Mella & MV Sófiora. 2017. La investigación en las ciencias ambientales (1ª ed.). Editorial EFA-UBA. ISBN 978-987-3738-12-8.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/acerca\\_de/distribucion\\_superficie/index.php](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/acerca_de/distribucion_superficie/index.php)
- Soil Survey Manual. 2017. Soil Survey Manual. Handbook 18. USDA. Washington DC. 639 pp.
- Soil Survey Staff. 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos, Décima segunda Edición - Traducido al español. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Washington, DC. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051546.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf).



# ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE N<sub>2</sub>O EN DIFERENTES CULTIVOS DE SERVICIO Y DIFERENTES ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Petrasek, M.R.<sup>1,2\*</sup>, G. Piñeiro<sup>3</sup>, V. Bonvecchi<sup>2</sup>, T. Della Chiesa<sup>4</sup>, L. Yahdjian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Becario CONICET. <sup>2</sup>Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján;

<sup>3</sup>IFEVA-CONICET, y Catedra de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires;

<sup>4</sup> Ruta 5 y 7, Luján, Buenos Aires. 4 Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. FAUBA.

\*petrasekmarcos@gmail.com

## RESUMEN

Los suelos agrícolas son considerados la principal fuente antropogénica de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), un potente gas de efecto invernadero. Las emisiones están aumentando producto del uso agrícola y es urgente encontrar manejos que las mitiguen. Los cultivos de servicio (CS) se presentan como una alternativa para reducir las emisiones en monocultivos de soja. En este sentido, resulta clave contar con información confiable de las emisiones totales anuales de N<sub>2</sub>O para evaluar distintas alternativas de manejo frente al cambio climático. Los modelos computacionales son una herramienta muy importante para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O que son muy variables en el tiempo y permiten integrar las emisiones diarias en emisiones acumuladas anualmente. El objetivo de este trabajo fue calibrar y evaluar el modelo de simulación *DayCent* para estimar la dinámica temporal de las emisiones de N<sub>2</sub>O bajo rotaciones agrícolas soja/soja que incluyen distintos cultivos de servicios (CS). Se calibró el modelo con datos obtenidos en un experimento a campo en San Antonio de Areco, Pcia. Buenos Aires que contenía mediciones de N<sub>2</sub>O en un cultivo continuo de soja con los siguientes CS: avena (*Avena sativa* L.), vicia (*Vicia villosa* Roth.) y una mezcla de avena/vicia. Luego se simuló las emisiones anuales de N<sub>2</sub>O con el modelo para cultivos de servicio que cubren todo el periodo de barbecho (ciclo largo) vs los que se siembran dos meses luego de la cosecha de soja y son terminados dos meses previos a la siembra de soja (ciclo corto). A su vez, se simuló diferentes escenarios climáticos que surgieron de la combinación de años lluviosos (1450 mm) y secos (600 mm) con variada estacionalidad de las precipitaciones, concentradas en primavera-verano y en otoño-invierno. El modelo mostró que en un año lluvioso todos los CS de ciclo largo emitieron menos N<sub>2</sub>O que un ciclo corto independientemente del momento del año donde lloviera. La reducción fue de un 40% para avena, de un 24% en vicia y 23% para avena/vicia. Mientras que, en un año seco la reducción fue solamente cuando las precipitaciones se centraron en otoño-invierno con una reducción del 34% para la avena, un 7% para la vicia y un 3% en avena/vicia respecto a un ciclo corto de CS. Cuando las precipitaciones se centraron en primavera-verano las emisiones incrementaron un 30% para avena, un 22% para vicia y un 38% para avena/vicia respecto a un ciclo corto de CS. El modelo *DayCent* resultó una herramienta clave para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O acumuladas en el año bajo distintas alternativas de CS, manejos y rotaciones agrícolas. Las simulaciones sugieren que las gramíneas de ciclo largo (sembradas temprano y suprimida tarde) son la mejor alternativa para disminuir las emisiones de N<sub>2</sub>O.

**Palabras clave:** soja, óxido nitroso, daycent

