

BOLETIN

Nº 21

X CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO



**Sociedad Chilena
de la Ciencia del Suelo**



Universidad de Chile

ORGANIZAN

**SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO
UNIVERSIDAD DE CHILE**

SANTIAGO, 16-18 DE NOVIEMBRE DE 2005

Comité Científico:

Carlos Eduardo Benavides Zavala
María Adriana Carrasco Rimasa
Víctor García de Cortázar García de Cortázar.
José Domingo Opazo Aguila

Editor:

Manuel Casanova Pinto

Boletín N° 21 de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo

DIRECTORIO SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO

Presidente :	<i>Walter Luzio Leighton</i>
Secretario:	<i>Renato Grez Zanelli</i>
Tesorero:	<i>Juan Schlatter Vollmann</i>
Directores:	<i>María de la Luz Mora Gil</i> <i>Francisco Matus Baeza</i>

Boletín N° 21 de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo

X CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO

Santiago, 16-18 de noviembre, 2005

El contenido de los trabajos presentados en este Boletín es de exclusiva responsabilidad de los respectivos autores y coautores.

En memoria

Dr. ACHIM ELLIES SCHMIDT (1944-2004)



El 11 de septiembre de 2004, en forma inesperada fallece el Profesor Dr. Ellies, académico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile (UACH) y Presidente de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo (SCCS).

Nacido en Breslau, Alemania, llega a Chile en 1950 y tanto su niñez como juventud transcurren en la X Región de Chile. Es allí que realiza estudios universitarios (UACH, Valdivia), recibéndose (1970) de Ingeniero Agrónomo con la tesis *Características físico-hídricas de los principales suelos de la provincia de Cautín*. Entre 1973 y 1975 es becado a Alemania (Servicio Alemán de Intercambio Académico, DAAD), donde obtiene el grado de Dr.rer.hort. (Universidad de Hannover), con la disertación *Untersuchungen über einige Aspekte des Wasserhaushaltes vulkanischer Aschenböden aus der gemäßigten Zone Südchiles*.

A su regreso a Chile se desempeña como Profesor Adjunto II de la UACH (1976 – 1979), responsable de las asignaturas de pregrado Conservación de Suelos, Física de Suelos y Manejo de Aguas. Es promovido (1979) a Profesor Titular I responsable de las asignaturas de pregrado Manejo Físico de Suelos, Conservación de Recursos Naturales y Evaluación de Suelos. En postgrado, contando con el aprecio y reconocimiento de sus alumnos, dicta las asignaturas: Relación Suelo Planta Agua y Conservación de Recursos Naturales. Dirigió 45 tesis de pregrado, 4 de Magister y 3 de Doctorado.

Su fructífera y reconocida labor científica queda demostrada por la cantidad de documentos relacionados a la caracterización física de andisoles y a su comportamiento frente a diferentes intensidades y tipos de uso. Un total de 3 monografías, 58 publicaciones (actas, congresos, seminarios y similares), junto a 81 artículos científicos en revistas de distintos países (32 de ellas en revistas de corriente principal), dan testimonio de ello.

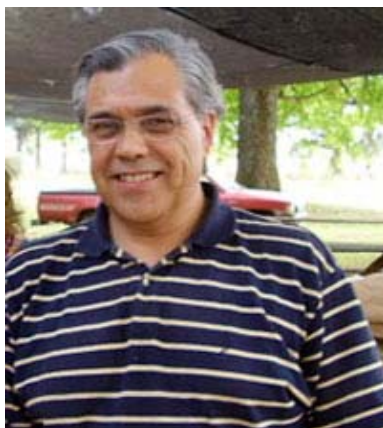
Su carrera universitaria lo comprometió con responsabilidades académico-administrativas, ocupando cargos de Director del Instituto de Suelos y Abonos (1977-1978), Prodecano de la Facultad de Ciencias Agrarias (1978-1980), Director del Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos (1980-1985), Director de la Escuela de Agronomía (1988-1990), Director de la Escuela de Graduados (2000 – 2002), Director del Proyecto Mecesus AUS 9904 (2000) y, desde el 2002 a su deceso, Director de Investigación y Desarrollo de la UACH. Conjuntamente participó y presidió numerosas comisiones en el ámbito de la docencia e investigación universitaria, las cuales marcó con sus acertadas opiniones.

En la SCCS, desde 1999 y por dos periodos consecutivos fue su Presidente, liderándola con iniciativa y gran capacidad de trabajo en diferentes reuniones de especialistas y congresos. Sin embargo, su máspreciado anhelo, y gran legado, fue la Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal, de la que fuera su fundador y Editor Jefe. Con ello nos demostró que con voluntad y claridad de ideas es posible alcanzar lo que a veces puede parecer imposible.

El Comité Directivo de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, que tuvo la oportunidad de conocer al Dr. Ellies, así como colegas y alumnos, lamentamos su partida; no obstante, su recuerdo hará que siempre esté presente.

En memoria

Dr. JUAN LUIS ROUANET MIRANDA. (1949-2005)



Nacido en Temuco, estudia en la Universidad de Concepción, (Chillán), para recibirse de Ingeniero Agrónomo (1975). Ingresa a CRI Carillanca (1976), al programa de Ecología y Manejo. Como investigador diversificado e inquieto, su vocación le llevó a trabajar con pasión en el manejo de suelos, rotaciones y labranza conservacionista, y en particular se recuerda su aporte en el estudio de las áreas agroecológicas de La Araucanía. Obtiene su Master en ecología de cultivos (Universidad de California, 1985) y luego (1993) el de Doctorado en cultivos (Universidad de Cornell). A fines de los 80 formó parte del

Comité Asesor de la Dirección Regional de INIA Carillanca, posteriormente (1994) asume igual cargo, como Coordinador del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

A su partida lideraba, con gran compromiso, diversos proyectos y convenios de Impacto Ambiental, Recursos Naturales, Fisiología, Difusión - Transferencia y sistemas productivos, En el plano de la docencia, la Universidad de la Frontera y distintas generaciones de alumnos conocieron de sus bondades como persona.

La Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo lamenta con mucho pesar la pérdida irreparable del Dr. Rouanet, uno de sus miembros más destacados, quien deja una huella irrepetible en numerosas generaciones. Su actitud serena y calidad humana, serán virtudes imposibles de borrar por quienes le conocieron o fueron sus amigos.

INDICE GENERAL

CONFERENCIAS	23
---------------------------	-----------

SIMPOSIUM I:

Técnicas isotópicas en las ciencias del suelo	60
--	-----------

SIMPOSIUM II:

Recuperación de suelos degradados	69
--	-----------

CONTRIBUCIONES

Modalidad Oral	76
Modalidad Poster	107

INDICE DE CONTRIBUCIONES

CONFERENCIAS

Richard W. Arnold. Visions beyond the far horizon..... 24

Segundo Urquiaga, Cláudia P. Jantalia, Walter Luzio L., Bruno J. R. Alves, Robert M. Boddey. El horizonte del suelo..... 38

Hans Hurni. New horizons for the sustainable use of soils and land: actions needed at the international and national levels..... 58

SIMPOSIO : TECNICAS ISOTOPICAS EN LAS CIENCIAS DEL SUELO

Inés Pino N., Juan L. Rouanet M., Ana M^a Parada C., Ximena Videla C., Adriana Nario M. y Paulina Schuller L. Determinación del carbono orgánico(%) y $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ en un Typic Paleudult (ultisol) de la Región de la Araucanía.....61

Erick Zagal V., Soledad Espinoza T. Variación del contenido de carbono total y la abundancia natural de ^{13}C en la materia orgánica del suelo, bajo diferentes manejos de residuos en la VIII Región de Chile.....62

Lucía Leiva B., Ximena Videla C., Walter Luzio L., Inés Pino N. Efecto de diferentes sistemas de manejo sobre la mineralización e inmovilización de nitrógeno.....63

Juan L. Rouanet M., Inés Pino N., Adriana Nario M., Claudio Jobet F., Ana M^a Parada C., Ximena Videla C. Nitrógeno fertilizante residual en trigo en un ultisol de la IX Región.....64

Alejandra Sepúlveda V., Paulina Schuller L., Desmond E. Walling, Alejandra Castillo S., Juan Luis Rouanet M., Inés Pino N. Uso de ^{137}Cs como trazador en cuantificación de cambios en tasas de redistribución de suelo debido a la implementación de cero labranza.....65

Paulina Schuller L., Andrés Iroumé A., Boris Mancilla B., Alejandra Castillo S. Ventajas del ^7Be como trazador natural para estimar la redistribución del suelo luego de la cosecha a tala rasa de plantaciones forestales.....66

Oscar Moll S., Dennisse Potenza M., Adriana Nario M., Walter Luzio L., Inés Pino N., Ana Mª Parada C., Mª Adriana Carrasco R. Estudio de sorción de ¹⁴C-Clorpirifos en dos suelos de la VI Región, utilizando técnicas isotópicas.....67

Dennisse Potenza M., Oscar Moll S., Adriana Nario M., Walter Luzio L., Inés Pino N., Ana Mª Parada C., Mª Adriana Carrasco R. Biodegradación de ¹⁴C-Clorpirifos en dos suelos de la VI Región, utilizando técnicas isotópicas.....68

SIMPOSIO: RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS

Claudio Pérez C., Carlos Ruíz S., Mitzi Jeldres O. Utilización del sistema de incentivos a la recuperación de suelos degradados (SIRDS) en un proyecto de cooperación internacional en el secano interior de Chile.....70

Ricardo Campillo R., Marcelino Claret M., Germán Ruíz C., Elías Araya S., Angel Centron. Mapas de fertilidad de suelos de la IX Región de la Araucanía.....71

Cristián Youlton M., Marco Cisternas V. Cuantificación de la erosión en camellones a favor de pendiente para el cultivo frutal de laderas en el valle de Quillota, V Región, Chile.....72

Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Dante Pinochet T., Germán Ruiz C. Evaluación de enmiendas calcáreas: granulometría y reactividad.....73

Carolina Leiva M., Manuel Casanova P., Carlos Benavides Z., Wilfredo Vera E., Osvaldo Salazar G., Oscar Seguel S., Walter Luzio L. Propiedades químicas de un suelo con manejo agroforestal y cosecha de agua: secano interior, zona central de Chile.....74

Karin Escárate F. Conflicto entre garantías constitucionales para la conservación del suelo.....75

CONTRIBUCIONES MODALIDAD ORAL

Juan Galantini S., Julio Iglesias G., Carolina Maneiro F., Leandro Santiago, Cristian Kleine. Sistemas de labranza en el sudoeste Bonaerense: efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo.....	77
Paula Sepúlveda I., Juan L. Rouanet M., Marysol Alvear Z. Efecto de dos sistemas de labranza en algunos parámetros biológicos de un ultisol de la IX Región de la Araucanía.....	78
Yéssica Rivas T., Roberto Godoy B., Carlos Oyarzún O., Eduardo Valenzuela F. Efecto del cambio de uso de suelo, sobre la mineralización del nitrógeno, carbono y la actividad biológica asociada en el centro sur de Chile.....	79
Fernando Borie B., Alfredo Morales, Claudia Castillo, Rosa Rubio, Juan L. Rouanet M. Niveles de glomalina en suelos de dos ecosistemas del sur de Chile.....	80
Carolín Córdova S., Eduardo Navarrete E., Margarita Barrandeguy H., Fany Gutiérrez B. Calidad de suelo de plantaciones de <i>Eucalyptus</i> en la precordillera de la VIII Región de Chile.....	81
Juan B. Hernández Z., Teresa López L., Jaime Horta R., Gerardo Serrano G. Impacto ambiental generado por la explotación de bancos de material en Querétaro, México.....	82
Juan E. Schlatter V., Víctor Cárcamo, Felipe Leiva. Cambios en el suelo causados por la cosecha con maquinaria forestal.....	83
M^a Teresa Varnero M., Claudia Rojas A., Carla Macaya S., Roberto Orellana R. Efectos de la producción de alfombras de césped en un suelo agrícola.....	84
Claudio Pérez C., Jorge Riquelme S., Shigehiko Yoshikawa. Compactación del suelo en el secano interior de Chile, el caso de la comuna de Ninhue, VIII Región.....	85
Wilfredo Vera E. Reconocimiento de suelos, perspectiva escalar de la agricultura de precisión.....	86
Teresa López L., Juan B. Hernández Z., Jaime Horta R., Gerardo Serrano G. Técnicas de caracterización en la identificación mineralógica de arcillas expansivas.....	87

Pablo Undurraga D., Marcelino Claret M., Claudio Pérez C. Antecedentes generales de la fertilidad de suelos de la comuna de Ninhue, VIII Región.....	88
Carlos Rojas W. Comparación de minerales fosfáticos naturales de Chile.....	89
Dante Pinochet T., Guillermo Miranda C., Ricardo Fuentes P., Roberto Mac Donald H., Germán Carrasco A. Producción de raíces de trigo, papas y arvejas creciendo bajo distintos niveles de fósforo.....	90
José D. Opazo A., M^a Adriana Carrasco R., Edmundo Marín N. Retención de fósforo fertilizante en suelos neutros y alcalinos en el valle central de Chile (regiones Metropolitana y Sexta).....	91
Carlos Benavides Z. Sorción de fósforo en andisoles chilenos: algoritmo de simulación de la cinética de reacción lenta.....	92
Marco Sandoval E., Carolina Castillo S., Erick Zagal V., Neal Stolpe L., Pablo Undurraga D. Conductividad hidráulica saturada (K_{fs}) en suelo de cenizas volcánicas sometido a seis rotaciones culturales por diez años.....	93
Juan González C., Julio Haberland A., Manuel Casanova P. Comparación de tres métodos para la determinación de la conductividad hidráulica saturada del suelo.....	94
Cristian Quiroz S., Juan Nissen M., Oscar Seguel S. Determinación de la conductividad hidráulica en fase no saturada en andisoles sujetos a distinto manejo.....	95
Oscar Seguel S., Rainer Horn, Ivonne Orellana S. Jerarquía de agregación y dinámica de la porosidad dependientes de los ciclos de secado y humectación.....	96
José Cuevas B., Dr. Achim Ellies Sch.(<i>In Memoriam</i>). Hidrofobia en suelos de origen volcánico bajo dos sistemas de manejo.....	97
Teresa López L., Juan B. Hernández Z., José A. Zepeda G., Jaime Horta R., Gerardo Serrano G. Cinética del proceso suelo-cal.....	98
Paula Cartes I., M^a de la Luz Mora G. Adsorción de selenio en andisoles y su relación con la absorción en plantas.....	99

Eduardo Martínez H., Juan P. Fuentes E., Edmundo Acevedo H. Calidad del suelo en relación a metales pesados en Chile.....	100
M^a Adriana Carrasco R., Carolina Martínez S., José D. Opazo A., Olga León S., Inés Ahumada T., Gabriela Castillo M., Angélica Sadzawa R., Cristina Pedraza J. Respuesta biológica y concentración de metales pesados del trébol subterráneo en suelos del secano de la cordillera de la costa (VI Región) tratados con lodos.....	101
Alexander Neaman, Gonzalo Ávila, Hernán Gaete O., Marco Cisternas V. Biotoxicidad del cobre en suelos agrícolas de la cuenca del río Aconcagua.....	102
Marcia Cazanga S., Antonio Reyes R., Gerardo Galindo G., Mauricio Escudey C. Isotermas de adsorción en sistemas mono- y multicomponente de cobre, plomo, níquel y zinc en suelos tratados con lodos.....	103
Alejandra A. Jara, M^a de la Luz Mora. Adsorción de sulfato y fosfato sobre alofanos naturales y sintéticos.....	104
Mauricio Escudey C., Juan E. Förster M., Nicolás Arancibia, Gerardo Galindo G., Andrew C. Chang. Impacto de las cenizas provenientes de incendios forestales en el movimiento de C y N en suelos volcánicos.....	105
Mara Cea L., Olga Rubilar A., Gonzalo Tortella F., M^a Cristina Diez J. Efecto de la materia orgánica y pH en la adsorción de 2,4-diclorofenol y pentaclorofenol en un andisol.....	106

CONTRIBUCIONES COMO POSTER

1. **Paulina Pino G., M^a Teresa Varnero M., Pablo Alvarado V.** Dinámica del compostaje de residuos vitivinícolas con y sin la incorporación de guano broiler.....**108**

2. **Gilda Borie B., Gonzalo Santander, Pedro Peirano V., S. M^a Aguilera S.** Efecto de biosólidos en actividad biológica de suelos incubados en laboratorio.....**109**

3. **Rubén Carrillo L., José Villegas M., Marcelo Rodríguez B.** Caracterización de la micorrización en un ecosistema boscoso de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser, presente en el Parque Nacional Villarrica, IX Región, Chile.....**110**

4. **Marysol Alvear Z., Marcia Astorga, Francisco Reyes, Alejandro Espinosa.** Efectos de los residuos post-faenas silvícolas sobre la actividad microbiana y enzimática en un plantación de *Pinus radiata* D DON. de distintas edades y a distintas estacionalidades.....**111**

5. **Francisco Reyes, Silvana Zanetti, Alejandro Espinosa, Marysol Alvear Z.** Prospección de la actividad microbiana en sustrato de epífitas vasculares y suelo forestal en un bosque templado del Centro-Sur de Chile.....**112**

6. **Juan L. Rouanet M., Marysol Alvear Z., Blanca Villalobos A., Galo Paiva C., Nelba Gaete C.** Aspectos químico-biológicos del cambio de uso de suelo agrícola a forestal bajo bosque exótico.....**113**

7. **Marysol Alvear Z., Marcia Astorga, Angela Sánchez, Francisco Reyes.** Utilización de la hidrólisis de la fluoresceína diacetato (FDA) como indicador de la actividad biológica en sistemas agroforestales..... **114**

8. **Gustavo Curaqueo F., Marysol Alvear Z., Juan Luis Rouanet M.** Actividades enzimáticas asociadas a distintos sistemas de labranza en un suelo transicional del sur de Chile sometido a un cultivo de trigo.....**115**

9. **Howard Langer U., John G. Howieson, Fernando Borie B.** Efectividad simbiótica en cepas naturalizadas de *Sinorhizobium meliloti* aisladas desde suelos ácidos de la zona Centro-Sur de Chile.....**116**

10. **Margarita Barrenechea M., Felipe Gallardo A., M^a de la Luz Mora G.**
Aplicación de lodos de la industria de celulosa en suelos degradados
derivados de cenizas volcánicas y su impacto sobre las propiedades químicas
y biológicas del suelo y la producción vegetal.....117
11. **Claudia Castillo, Rosa Rubio, Juan L. Rouanet M., Fernando Borie B.**
Efecto del manejo y rotación de cultivo sobre las esporas de hongos
micorrízicos arbusculares en un ultisol de la IX Región.....118
12. **Anali Rosas G., Roxana López E., Marisol Alvear Z., M^a de la Luz Mora G.**
Actividad de fosfatasa ácida libre e inmovilizada en arcilla y ácido tánico
en presencia de Mn.....119
13. **Gonzalo Tortella F., Olga Rubilar A., Mara Cea L., M^a de la Luz Mora G.,
M^a Cristina Diez J.** Screening de cepas de hongos xilófagos nativos chilenos
y su uso potencial en la biorremediación de suelos contaminados con
clorofenoles.....120
14. **Olga Rubilar A., Gonzalo Tortella F., Mara Cea L., M^a de la Luz Mora G.,
M^a Cristina Diez J.** Evaluación de la actividad enzimática de hongos de
pudrición blanca nativos de la IX Región para ser aplicados en
biorremediación de suelo alofánico contaminado con clorofenoles.....121
15. **Ricardo Ceballos, Graciela Palma, Ximena Cofre, Andrés Quiroz,
Fernando Ortega K.** Influencia de MCPA sobre la pudrición radical
provocada por *Fusarium oxysporum* y el crecimiento de trébol rosado.....122
16. **Alfredo Morales, Fernando Borie B.** Aislamiento y selección de hongos
solubilizadores de fósforo desde suelos de la IX Región.....123
17. **Ana M^a Parada C., Inés Pino N., Ximena Videla C., Adriana Nario M.,
Juan Luis Rouanet M.** Determinación de C biomasa en un ultisol de la IX
Región.....124
18. **Verónica Fuentes, Gabriel Sellés V., Carlos Benavides Z., Raúl Ferreyra E.,
Rodrigo Ahumada, Jorge García- Huidobro P., Rafael Ruíz S.** Efectos
de las lombrices de tierra sobre las propiedades físicas de los suelos en
huertos frutales.....125
19. **Oswaldo Salazar G., Manuel Casanova P., Walter Luzio L.** Correlación
entre WRB y Soil Taxonomy para los suelos de la X Región de Los Lagos de
Chile.....126

20. **Camilo Sagredo R., Manuel Casanova P., Julio Haberland A., Carlos Benavides Z., Walter Luzio L.** Metodología para evaluar la estabilidad en camellones.....127
21. **Luis Morales S., Manuel Casanova P., Giorgio Castellaro G. y Cristian Mattar B.** Modelo simple para la estimación de la precipitación máxima en 24 horas en la zona central de Chile.....128
22. **Eduardo Arellano O., Octavio Díaz M., Narkis Morales S.** Propuesta de conservación de suelo a nivel de microcuenca utilizando RUSLE y SIG: estudio de caso seco costero de la VI Región.....129
23. **Ingrid Martínez, Carlos Ovalle M., Erick Zagal V.** Descomposición de *Acacia caven* y *Lolium perenne* en ecosistemas degradados y en vías de rehabilitación de Chile mediterráneo.....130
24. **Carla Macaya S., Wilfredo Vera E., Mario Gallardo P.** Efectos de las faenas extractivas de áridos en las propiedades físicas de un suelo de aptitud agrícola.....131
25. **Fernando Santibáñez Q., Paula Santibáñez V.** Aplicación del modelo presión-estado-impacto al estudio de la degradación de los suelos.....132
26. **Fernando Santibáñez Q, Mª Teresa Varnero M., Claudia Santibáñez V.** Evaluación de la degradación del suelo a través de índices de actividad biológica.....133
27. **Iván Vidal P., Erick Zagal V., Gerd Werner, Jorge Etchevers B.** Recuperación de suelos volcánicos degradados mediante agroforestería....134
28. **Ricardo Campillo R., Angélica Sadzawka R.** Caracterización nutricional de los suelos de la Isla Grande de Chiloé.....135
29. **Mª Rosa Landriscini, Juan A. Galantini S., Rodrigo Fernández.** Fertilización con N y S en trigo con distinto antecesor efecto sobre la nutrición, el rendimiento y la calidad.....136
30. **Francisco Matus B., Juan P. Mellado V., Rodrigo Cazanga S.** Nitrogen fertilizer recommendations: comparison between nitrogen balance of French and Stanford method on a barley crop under zero tillage in Chilean volcanic soils.....137

31. Iván Vidal P., Santiago Chamorro. Pérdida de nitrógeno por volatilización a partir de la aplicación superficial de urea	138
32. Manuel Casanova P., Carlos Benavides Z. Uso de funciones de pedotransferencia en la obtención de un mapa de riesgo de volatilización de urea aplicada superficialmente a los suelos.....	139
33. Lillana Suñer N., Juan Galantini S., Ramón Rosell C. Relaciones cantidad/intensidad de fósforo en suelos de la región semiárida pampeana argentina.....	140
34. Dante Pinochet T., Javier Vidal R., Roberto Mac Donald H. Evaluación de la capacidad de retención de sulfatos en distintos grupos de suelos chilenos.....	141
35. Yonathan Redel H., Fernando Borie B. Fraccionamiento de fósforo en un agroecosistema de rotación corta sometido a dos sistemas de labranza.....	142
36. Patricio Sandaña G., Dante Pinochet T., Ricardo Fuentes P. Producción de materia seca y absorción de fósforo en arvejas con distintos niveles de fósforo en suelos volcánicos.....	143
37. Carlos Benavides Z., Mary-Sol Aravena A. Adaptación del método de Olsen para la estimación del P desorbible a través de extracciones sucesivas.....	144
38. Juan C. Pröschle, Carlos Oyarzún O. Flujo de nutrientes en el sistema Bosque-Suelo para un ecosistema natural (<i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb)) y un ecosistema artificial (<i>Pinus radiata</i> (D. Don)) en la depresión intermedia del centro sur de Chile.....	145
39. Germán Dassé P., Dante Pinochet T., Ricardo Fuentes P. Tasas de crecimiento y absorción de fósforo de trigo en suelos volcánicos con distintos niveles de fósforo.....	146
40. Erick Zagal V., Mauricio Millán. Dinámica de la mineralización del nitrógeno bajo cero labranza y manejo de residuos.....	147
41. Horacio Urzúa S. y Rodrigo Pizarro F. Fijación simbiótica de nitrógeno de alfalfa en suelos ácidos del sur de Chile.....	148

42. **Manuel Casanova P., Loreto Gálvez S., Carlos Benavides Z., Guillermo Délano I.** Evaluación de distintos volúmenes de agua de riego sobre el rendimiento de aceite de *Mentha piperita* en el secano interior de la VI Región.....149
43. **Karsten Contreras K., Roberto Mac Donald H.** Evaluación del estado estructural del suelo mediante la determinación del coeficiente de descanso.....150
44. **Mauricio Escudey C., Marlen Gutiérrez, Laura Barraza, Marcia Cazanga S., Juan E. Förster M., Gerardo Galindo G.** Modificaciones físicas y fisicoquímicas en suelos volcánicos a consecuencia de un impacto térmico.....151
45. **Oscar Thiers E., Ernst E. Hildebrand, Víctor Gerding S.** Variación de los suelos de cenizas volcánicas modernas bajo renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) entre las regiones VII y X de Chile.....152
46. **Oscar Thiers E., Víctor Gerding S., Ernst E. Hildebrand.** Variabilidad de sitios y productividad en renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) entre las regiones VII y X de Chile.....153
47. **Manuel Casanova P., Ingmar Messing; Abraham Joel; M^a Haydée Castillo G., Alberto Cañete M.** Métodos para estimar evapotranspiración de cultivos en condiciones de invernadero, Chile central.....154
48. **José Dörner, Dorota Dec, Rainer Horn.** Effect of the bulk density on soil shrinkage and hydraulic properties of the porous media in homogenized and structured soils.....155
49. **José Dörner, Rainer Horn.** Two dimensional water transport in a hillslope in northern Germany.....156
50. **Angélica Díaz G., Ricardo Cabeza P., Dante Pinochet T., Roberto Mac Donald H.** Estudio de la homogeneidad del suelo Osorno mediante la variabilidad del aluminio extractable utilizando geoestadística.....157
51. **Ivonne Orellana S., Roberto Mac Donald H., Juan Nissen M., Oscar Seguel S.** Índice de repelencia al agua (R) y su relación con la tensión mátrica en suelos derivados de ceniza volcánica.....158

52. **Rodrigo Menéndez T., Ricardo Cabeza P., Roberto Mac Donald H., Juan Nissen M., Dante Pinochet T.** Detección de cambios en el uso del suelo mediante análisis multitemporal.....159
53. **Bernardo Prieto, José Luis Hernánz, Víctor Sánchez-Girón, Ian Homer.** Comparación de diferentes modelos de infiltrómetros de tensión y metodologías de cálculo para determinar la conductividad hidráulica del suelo.....160
54. **Bernardo Prieto, José Luis Hernánz, Víctor Sánchez-Girón, Ian Homer.** Determinación de la conductividad hidráulica del suelo con infiltrómetros de tensión en tres sistemas de laboreo.....161
55. **Verónica Noguer A., Manuel Casanova P.** Efecto del gradiente de pendiente de monolitos de suelo en el comportamiento de un tensioinfiltrómetro.....162
56. **Manuel Casanova P., Oscar Seguel S., Víctor García de Cortázar G.** Propiedades hidráulicas medidas con tensioinfiltrómetro en un suelo aluvial acondicionado con abonos orgánicos.....163
57. **Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Ricardo Cabeza P., Dante Pinochet T.** Evaluación de las enmiendas calcáreas como mejoradores de la infiltración de agua en dos suelos.....164
58. **Carlos Sierra B., Eduardo Contreras O.** Variabilidad espacial de nitrógeno en suelo y planta, humedad del suelo y rendimiento de fruta en dos parrones de uva de mesa del valle de Elqui.....165
59. **Celerino Quezada, Isaac Maldonado I., Leonardo Márquez, René Aravena.** Comportamiento de la sonda de capacitancia en el monitoreo del contenido de agua del suelo.....166
60. **Angélica Sadzawka R., Renato Grez Z., M^a Adriana Carrasco R., M^a de la Luz Mora G., Hugo Flores P.** Evaluación analítica de laboratorios de suelos en Chile.....167
61. **Marcela Guerrero L., Gilda Borie B., S. M^a Aguilera S., Pedro Peirano V.** Evaluación del contenido de nutrientes y contaminantes en suelos y suelos adicionados de biosólidos y compost.....168

62. **Mónica Maldonado V., Gilda Borie B., S. M^a Aguilera S, Pedro Peirano V.** Contenido de nutrientes y metales pesados en suelos acondicionados con biosólidos, en experiencia de terreno y de laboratorio.....169
63. **Juan Pablo Martínez C., Alejandra Flores, Manuel Díaz M., Margarita Briceño, Stanley Lutts.** Estudio de los niveles de contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Loa, I y II Región de Chile.....170
64. **Bárbara Fuentes S., Pedro Nuñez R., Rodrigo Navia D., M^a de la Luz Mora G.** Efecto de la materia orgánica y pH sobre la disponibilidad de cobre en suelos ácidos.....171
65. **Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Dante Pinochet T., Germán Ruíz C.** Reactividad de calizas de distinto origen.....172
66. **Ricardo Cabeza P., Dante Pinochet T., Roberto Mac Donald H., Daniela Weldt C., Luis Gómez, Fernando Frez B., Daniel Vega S.** Evaluación de la adición de Cu soluble en andisoles.....173
67. **Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Ricardo Cabeza P., Dante Pinochet T.** Efecto de la aplicación de calizas sobre la porosidad del suelo.....174
68. **Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Ricardo Cabeza P., Dante Pinochet T.** Efecto de las calizas en la estabilidad de agregados del suelo.....175
69. **Susana Valle T., Dante Pinochet T., Germán Carrasco A., Daniel Calderini R.** Acidez del suelo y aluminio intercambiable en condiciones de campo en la X Región de Chile.....176
70. **Carmen Pizarro A., M^a Angélica Rubio C., Verónica Vicuña, Jaime Pizarro K., Gerardo Galindo G.** Aplicación de equilibrios de intercambio catiónico K-Ca en sedimentos de la laguna Carén y en suelos aledaños.....177
71. **Moretto Alicia, Aurora Lázzari, M^a Rosa Landriscini, Guillermo Martínez P.** Caracterización química de suelos en bosques primarios de *Nothofagus pumilio* (Poepp et Endt.) Kraser y bajo manejo con diferentes sistemas de regeneración.....178

72. **Paula Guerra, Inés Ahumada T., M^a Adriana Carrasco R., Gabriela Castillo M.** Evaluación de la biodisponibilidad de metales traza en suelos de la Región Metropolitana enmendados con biosólidos.....179
73. **Erika M. Vistoso G., M^a de la Luz Mora G.** Descripción del efecto competitivo de fosfato sobre la adsorción de molibdato en suelos de carga variable a través de la ecuación de multicomponentes de Freundlich.....180
74. **Mauricio Molina, Roxana Fuentes, Rolando Arredondo, Raúl Calderón, Marcia Cazanga S., Antonio Reyes R., Mauricio Escudey C.** Uso del modelo HYDRUS-1D para la simulación de la lixiviación de Zn^{+2} y Cl^- en columnas en un andisol.....181
75. **Marlen Gutiérrez, Carmen Pizarro A., Katherine Avendaño C., Gerardo Galindo G., Mauricio Escudey C.** Efecto de la temperatura sobre la selectividad de intercambio K-Ca y K-Mg en una simulación de incendio forestal en andisoles.....182
76. **Juan E. Förster M., Nicolás Arancibia, Justo Torres, Gerardo Galindo G., Mauricio Escudey C.** Distribución y especiación de Cu y Zn en profundidad en ultisoles chilenos tratados con lodos y cenizas de lodos.....183
77. **M^a Adriana Carrasco R., Olga León S., Luis Solís D., Inés Ahumada T., Cristina Pedraza J., Gabriela Castillo M., Angélica Sadzawka R.** Evaluación de biodisponibilidad de Mn, Fe, Cu y Zn en suelos tratados con biosólidos usando lechuga y ballica.....184
78. **David Navias S., Ángela Machuca., Guillermo Pereira C.** Tolerancia a metales pesados en cepas de *Suillus luteus* provenientes de diferentes suelos forestales.....185
79. **Víctor Gerding S., Juan E. Schlatter V.** Variabilidad de características químicas de un suelo Crucero, Acrudoxic Hidric Hapludand, comuna de Fresia, Chile.....186
80. **M^a Teresa Varnero M., Pamela Faúndez C., Claudia Santibáñez V.** Suelos acondicionados con lodos sanitizados y con lodos compostados.....187

81. **Adolfo Maricán, Cristina Pedraza J., Loreto Ascar E., M^a Adriana Carrasco R., Gabriela Castillo M., Pablo Richter D., Inés Ahumada T.** Extractabilidad de metales traza en suelos agrícolas enmendados con biosólidos.....188
82. **Sylvia Copaja C., Fernanda Valdivieso, Víctor Gatica.** Estudio de competencia en el proceso de adsorción de dos funguicidas en diferentes suelos.....189
83. **Sylvia Copaja C., Loreto Cisterna, Ximena Molina P.** Distribución de metales pesados en los sedimentos del río Cachapoal.....190
84. **Margarita Briceño T., Venecia Herrera A., Mónica Antilén L., Josefina Canales, Ana Riquelme T.** Caracterización químico-física de suelos asociados a ecosistemas de zonas áridas y desérticas de la provincia de Iquique.....191
85. **M^a Adriana Carrasco R., Olga León S., Edmundo Acevedo H.** Metales pesados y biodisponibilidad.....192
86. **Oscar Seguel S., Mario Pino Q., Tom Dillehay.** Intervención antrópica asociada a la cultura mapuche en la zona de Lumaco-Purén, IX Región de Chile.....193
87. **Carlos Ruiz S., Claudio Pérez C., Kuni Matsuya.** Desarrollo rural sustentable en el secano mediterráneo de Chile.194
88. **Juan P. Fuentes E., Amanda Huerta F., Paulette Naulin G., Carlos Oyarzún L., Cristina Sáez M.** Valoración de las ciencias del suelo en cuatro establecimientos educacionales rurales de la Sexta Región de Chile.....195
89. **Edmundo Acevedo H. , Juan P. Fuentes E., Eduardo Martínez H., Paola Silva C., M^a Adriana Carrasco R.** Calidad de suelos de uso agrícola.....196

CONFERENCIAS

VISIONS BEYOND THE FAR HORIZON

Richard W. Arnold

United States Department of Agriculture (retired), Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. Personal contact address: 9311 Coronado Terrace, Fairfax, Virginia 22031, USA. e-mail: ct9311@aol.com

All human interactions are opportunities either to learn or to teach
M.Scott Peck (Lloyd, 2000)

INTRODUCTION

You and I are very fortunate for we have been provided with opportunities to see beyond the obvious. At any given site a soil has a sequence of horizons, and there we sense the importance of history as we dig deeper into the genesis and evolution of a soil landscape. As we look across a landscape there are boundaries of the surrounding area; they obviously are visual horizons. Through training and experience, each of us has learned how to “see beyond the obvious”, how to anticipate what lies beyond those horizons; and to recognize the deep-seated values associated with the temporal and spatial horizons of our world.

It is a humbling experience to comprehend the frailties of our own species and our apparent unwillingness to think and to act as rational beings. Consider this phrase – ‘nonmaterial needs of human development’ (Meadows *et al.*, 2004). Is this jargon from a new trend in sociology? No, this phrase is about a critical aspect of being human. It simply means that we don’t need big fancy houses and cars, we need admiration and respect. A steady flow of new fashionable clothes isn’t needed, but we do need to feel that others consider us attractive. We need excitement and variety and beauty. We need something interesting to occupy our minds and emotions. Trying to fill these needs for a quality life with material things is a set-up for failure. Too many material goods are false solutions to never-satisfied longings. Such actions create an unquenchable appetite – more, more, more - more growth for the sake of growth (Gardner, 2004). Beyond this short sightedness is a much larger need – the far horizon of Hope – hope to provide a sustainable habitat for the continuous development of humankind in harmony with the available environmental resources.

I’d like to tell you several stories and link their lessons together as a way to explore some potential horizons that are presently beyond the obvious.

The aim of education is knowledge, not of facts, but of values
William R. Inge (Lloyd, 2000)

THE MICROBE EXPERIMENT

Remember in Introductory Microbiology when you prepared a nutrient agar, put it in a petri dish, inoculated it with a microbial solution, and then measured the production of CO₂ as a surrogate for population growth? At first not much production, then some, and suddenly a rapid rise indicating that the microbes liked their environment and were rapidly reproducing. Eventually the rate of increase leveled off, and the sudden decrease of CO₂ production was about as exponential as had been the prior increase. The population quickly fell to levels lower than the initial concentration.

What happened? The biological exponential growth phenomena happened – the famous S-curve response to a non-renewable resource followed soon after by the collapse and a new quasi-equilibrium as adjustment of demand and supply occurred. Someone once remarked that growth for the sake of growth is the ideology of the cancer cell. This little experiment illustrated what may well be a universal reaction – be it biological, physical, chemical, industrial, economic, or social. There are limits – there are boundaries – and it is worthwhile to know something about such horizons and thresholds.

EASTER ISLAND

One of the most remote places on this planet is Rapa Nui – Easter Island (Hyerdahl, 1958). Sometime before 800 AD a few people reached this semi-arid, cool, isolated paradise forested with the huge Chilean wine palm and several other species, a few birds, but no large animals. The forest was cleared for gardens, the trees provided canoes to go to sea, and dolphins became the main animal food. The population grew. Tribal chiefs, convinced of their lineage to God, wanted statues to honor themselves (Diamond, 2004). Huge statues were hand-carved out of the volcanic lava formations, trees were used as rollers to haul the statues many kilometers and by clever engineering the 10-15 meter high statues were raised. Prosperity was good, the volcanic soil fertility was replenished by organic debris, fishing was great, and as the population increased so did the chiefs' desires for more statues. But around 1600 shortages began to occur – fresh water, food, and fuel were in short supply – yet each was necessary to carry out the demands of the chiefs.

Prof. Jared Diamond (2004) dramatized the situation by wondering what the Easter Islander who cut the last Chilean wine palm tree might have said.

What about our jobs? Do you care more for trees than for people? or

Have some respect for private property rights. Get the big government of 'the chiefs' off our backs! or

You predict environmental disaster, but your environmental models are untested. We need more research.

Or perhaps, Never fear, technology will solve our problems somehow. We shall find substitutes for wood.

There was revolt, the 'long-ear' chiefs were overthrown, and new military leaders (the short-ears) took over. With no canoes there were no dolphins to eat and the people turned to the next largest animal available; humans. The people were starving, sick, and at war. Eventually 70-90% died. Aha, a fundamental process of the universe at work.

Once all the trees were cut and people had no more canoes, they could not escape. There was nowhere to go when they got into trouble. Easter Island was so remote there was no one to come help them. The 'ecological footprint of Easter Island humanity' was too much for the resources that were available. The social and economic systems did not function in a way that encouraged and implemented sustainability – thus collapse occurred.

HUMANITY'S FOOTPRINT

Human beings and the natural world are on a collision course
World Scientists' Warning to Humanity (1992).

Can you imagine trying to determine the carrying capacity of our world? If the Easter Islanders couldn't do it for their world, how will we do it for ours? Well, a few years ago Prof. Mathis Wackernagel (2002) in collaboration with 10 other international economists devised an interesting measure of the carrying capacity of the earth. They wanted to account for humanity's current demands on the planet's resources and the wastes produced in terms of biologically productive areas necessary to maintain the flows needed for such an assessment. The usable biomass productivity of different kinds of areas were expressed as standardized,

‘global hectares’. The details are provided in their paper and include the following six human activities that require mutually exclusive productive land:

1. Growing crops for food, animal feed, fiber, oil and rubber requires the most productive land of all. There are 1.5 billion ha (1.3 cultivated, 0.2 unharvested) with an equivalent productive factor of 2.1 gha/ha.
2. Grazing animals for meat, hides, wool, and milk requires pasture land. There are 3.5 b ha with an equivalence factor of 0.5. The metabolic needs for 5 major classes of livestock are estimated and the needs met from feed and crop residues are subtracted.
3. Harvesting timber for wood, fiber, and fuel requires natural forest and plantations. There are 3.8 b ha with an equivalence factor of 1.3. Production estimates are made for a number of kinds of forests
4. Marine and freshwater fishing requires productive fishing grounds. Coastal waters provide 95% of marine catch (2.0 b ha and inland waters add 0.3 b ha) with an overall equivalent productive factor of 0.4.
5. Accommodating infrastructure for housing, transportation, industrial production, and hydroelectric power requires built-up lands. This is the least well documented but estimated to be 0.3 b ha with an equivalent productive factor of 2.2.
6. Burning fossil fuels requires land to sequester enough emissions to avoid an increase to atmospheric CO₂. Oceans handle about 35% , thus forests must sequester about 65%. Sequestering by forests is a weighted average for 26 forests biomes. The equivalence factor is 1.3.

To aggregate the impact components, they adjust the land and sea areas according to their bioproductivities and multiply each land use category by an equivalence factor. These factors scale each area in proportion to its maximum potential yield and the global average each year is assigned a value of 1. In 1997 the global average human demand was 2.3 global hectares of productive land equivalent per person. The highest was for the US with 9.7, the UK used 5.4 and Germany used 4.7 global hectares per person. The average existing global biocapacity in 1997 was 1.9 global hectares per person (Wackernagel *et al*, 2002).

There has to be equilibrium (balance) between the resources used and the wastes produced; if they are not balanced the global system is not operating in a sustainable manner. Their current estimates indicate that our global community started to overshoot the planet’s available resources sometime in 1980.

Our collective economies, societies, and resource uses have all been experiencing exponential growth since the Industrial Revolution, pushing them ever closer to critical thresholds. At the present time we are using 20% more resources than are globally available on a sustainable basis.

The UNDP Millennium Ecological Assessment (2005) released earlier this year reports that 60% of the ecosystems that they evaluated are experiencing degradation or are used unsustainably. It is obvious that humanity's ecological footprint, regardless of how we measure it, is too large. Aha, a fundamental process of the universe – showing up again.

ECONOMICS OF SUSTAINABILITY

To know when you have enough is to be rich.

Luo Tsu (Lloyd, 2000).

Often when our bank accounts get low, we consider getting a loan to cover our current expenses. We borrow from the future to pay for the present. Credit cards have made the borrowing process easier and faster. Pay back is less certain.

The concept of a global society incorporates the effects of both the size of population and the size and composition of its consumption (World Watch Institute, 2005). Our ecological footprint grows when population grows because it increases with consumption. If everybody on earth enjoyed the same ecological standards as North Americans, we would require three earths to satisfy the aggregate material demand using prevailing technology. The borrowing has been easy, the pay back is less certain.

In 1987 the so-called Brundtland Report, "Our Common Future", stated that a sustainable society is one that "meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (Meadows et al, 2004, p. 254). Almost two decades later it still conjures up ideals of stewardship, conservation, respect, empathy, and a vision of humanity in a sustainable environment.

To be materially and energetically sustainable, economic flows would have to meet three conditions:

1. the rates of use of renewable resources (such as freshwater supplies, timber, and soil productivity) do not exceed their rates of regeneration
2. the rates of use of nonrenewable resources (such as oil and metals) do not exceed the rate at which sustainable renewable substitutes are developed, and
3. the rates of pollution emission (waste disposal) do not exceed the assimilative capacity of the environment.

For a society to be sustainable, the combination of population and capital and technology would need to be configured so that the material living standard is adequate and secure for everyone and fairly distributed (Meadows et al, 2004). Hear again these words, *without compromising the ability of future generations* Such a society, with a sustainable ecological footprint, would be vastly different from the one in which most people now live.

WHY A SOCIETY MAKES MISTAKES

Before the Agricultural Revolution, land was more or less public, or at least territorial as far as tribes and nomadic groups were concerned. Once rooted in place, private property and public domain became meaningful realities.

Do you remember the story that Prof. Garret Hardin (1968) called “The tragedy of the commons” when describing the problem of population? Picture a pasture that is open to all and that each herdsman will try to keep as many cattle as possible on the commons. As rational beings each herdsman seeks to maximize his own gain. On the plus side is the fact that he receives the proceeds of selling an additional animal. On the negative side are the effects of overgrazing and pollution, however, they are shared by all the herdsmen. Each herdsman concludes that the only sensible course is to add another animal to his herd, then another, and another. Every rational herdsman reaches the same conclusion.

Therein lies the tragedy! Each man is locked into a system that compels him to increase his herd without limit – in a world that is, itself, limited. The tragedy of the commons reappears with pollution and the disposal of wastes into “the commons”.

A failure of group decision making is that no one says “Stop it!” Prof. Diamond (2004) suggests a hierarchy of 4 decision points that affect actions, reactions, and implementation.

1. Does a group anticipate a problem? Often there is no prior relevant experience of such problems.
2. Does a group fail to recognize a problem when it has arrived? Some problems develop so slowly they are nearly imperceptible (like the leaching of soil nutrients, the loss of one more tree, the addition of one more kg of contaminant).
3. Even when a problem is recognized does a group try to solve the problem? All too often not, because of what’s called rational behavior on the part of the group. This is the story of ‘the tragedy of the commons’. It is especially frequent when a decision making elite can insulate itself from

the consequences of its actions. It is hard for people to stop doing something that is intimately tied to their strongest held values. And finally,

4. Does a group give up because some problems are just too difficult to solve with the available technology?

Prof. Diamond concludes that our biggest risk is not of an asteroid collision about which we can do nothing – which would destroy us like the dinosaurs. Instead, all of our major problems today are problems caused by us, primarily the consequences of population. There are many bright spots where smaller segments of society, including many individuals, are working diligently to solve problems created by unsustainable activities and practices. Even with these bright spots, as a global community of nations and of individuals we appear to be somewhere between level 2 and 3 – failure to recognize the problems and not trying to solve them.

ECOSYSTEM DEGRADATION

The degradation of ecosystem services could grow significantly worse during the first half of this century, according to the MEA report (UNDP,2005), and is a barrier to achieving the Millennium Development Goals. Ecosystem degradation can rarely be reversed without actions that address the negative effects or enhance the positive effects of one or more of the five indirect drivers of change: population change, change in economic activity, sociopolitical factors, cultural factors, and technological change.

The challenge of reversing the degradation of ecosystems involves significant changes in policies, institutions, and practices that are not currently under way. An effective set of responses to ensure sustainable management of ecosystems (UNDP, 2005) must overcome barriers related to: “ inappropriate institutional and governance arrangements; market failures and the misalignment of economic incentives; social and behavioral factors including the lack of power of some groups dependent on ecosystem services or are harmed by their degradation; underinvestment in the development and diffusion of technologies to increase use efficiency; and insufficient knowledge about ecosystem services and management to enhance them while conserving them.”

MOVING TOWARD NEW HORIZONS

So maybe the problem really is the system we live with and are an intimate part of. If so, what lies ahead? Dr. Meadows and her colleagues (2004) suggest a simple set of guidelines about restructuring any system. These common sense

ideas, as paraphrased below, can be adapted in hundreds of ways and at all levels of society.

- a. Extend the planning horizon. Choose options more for their long-term costs and benefits. Develop incentives and provide tools and procedures to report, respect and be responsible for issues that unfold over decades.
- b. Improve the signals. Learn more about and monitor the real welfare of the human population and the real impacts of human activity on the world ecosystems. Include environmental and social costs in economic prices.
- c. Lessen response time. Look for signals that indicate when the environment or society is being stressed. Decide in advance what to do if problems appear, have in place arrangements necessary to act effectively. Educate in systems thinking.
- d. Minimize the use of nonrenewable resources. Fossil fuels, fossil groundwater and minerals should be used only with the greatest possible efficiency.
- e. Prevent the degradation of renewable resources. Protect soil productivity, surface water, rechargeable groundwater and all living things. Use only within regeneration rates.
- f. Use all resources with maximum efficiency. The more human welfare that can be obtained within a given ecological footprint, the better the quality of life can be while remaining below the limits.
- g. Slow and eventually stop exponential growth of population and physical capital. Very essential – involves institutional and philosophical change and social innovation. This guideline asks, simply, for a larger and more truly satisfying vision of the purpose of human existence than mere physical expansion and accumulation of material goods. New horizons lie beyond the obvious.

Why do we have this strong urge, this commitment to growth? Because we have been locked in a system of “the commons” for a long, long time. Most people in the world today desperately need hope. Hope is to cherish a desire; to nurture a want. Growth may be a false hope, but it is better than no hope at all. Growth, however, is not solving the fundamental problems of humanity. These problems are poverty, unemployment, and unmet needs. Remember admiration and respect, dignity and integrity, excitement and beauty? We seem to be growing the wrong things if we want to restructure our global system.

All of us are in this overshoot together. There are enough resources to share fairly, if we manage well. If we don’t manage well, no one, no matter how wealthy, will escape the consequences. If we cut down the symbolic last tree there is no escape – there is no place to go – and there is no one out there to help us.

THE ROAD TRAVELLED

Our hunter-gatherer ancestors increased their population to levels that in places there was scarcity of abundant plants and game animals. Some intensified their migrations, others stayed in place domesticating animals and cultivating plants. For the first time it made sense to own land. Many anthropologists think that agriculture was not a better way of life, but was necessary to accommodate increasing populations.

Larger populations created new scarcities, especially of land and energy. The Industrial Revolution began in England with the substitution of abundant coal for vanishing trees. Labor concentrated around mines and mills, eventually elevating technology and commerce above religion and ethics in human society. Machines, not land became the central means of production. Feudalism gave way to capitalism. People were taught to constantly think in terms of money – finding a profit in the market. As wants multiplied and markets became more scattered, the bond between humans and the rest of nature was reduced to the barest instrumentalism. Instrumentalism is the doctrine that “use” determines the value of everything; it is the economics of pragmatism.

The incredible productivity and burgeoning population that the Industrial Revolution generated has now created its own scarcity. Not only of game animals, not only of land, not only of fuels and metals, but of the total carrying capacity of the global environment. Yes, the carrying capacity of our planet is an endangered commodity. The Sustainability Revolution will arise from the visions, insights, experiments, and actions of billions of people scattered all over our world (Meadows *et al.*, 2004).

In complex systems, information is the key to transformation. Not more, but relevant, compelling, powerful, timely and accurate information. As each of us is painfully aware, systems strongly resist changes in their information flows, especially in their rules and goals. Someone once said that if you want to understand something, just try to change it.

Everywhere there are folks who care about the earth, about other people, and about the welfare of their children and grandchildren. They recognize the human misery and the environmental degradation around them, and they question whether policies that promote more growth along the same old lines can make things better (Meadows *et al.*, 2004). But there is hope. Values provide meaning, and it is meaning that drives action, so we need to get our basic values right. A study by the United Nations University concluded that the major shared moral

values in the world, regardless of culture, gender, age or other class are; honesty, compassion, fairness, responsibility, and respect (Glenn and Gordon, 1999).

TOOLS OF HOPE

*Can we move nations and people in the direction of sustainability? ...
If we actually do it, the undertaking will be absolutely unique in
humanity's stay on earth*

W.D. Ruckelshaus

(Meadows *et al.*, 2004, p.265)

There are hundreds of governments or quasi-governments, and several thousand languages that bond us into groups, yet our world is still structured more like “a commons” - alone and in potential danger of collapse - than a sustainable integrated planet hurtling through space. As a human species we have developed a fantastic plethora of unimaginable commodities and institutions. This legacy of exceptional growth, however, has not been sufficient for a peaceful, exciting, continual development of humanity in a world where future generations are as important, or even more so, than ours.

A Revolution of Sustainability will need to use data gathering, systems thinking, rational analysis, computer modeling and the clearest words possible. These are some of the usual scientific tools that can encourage peaceful restructuring of our current world system. But more powerful, meaningful and essential are the interpersonal tools; visioning, networking, truth-telling, learning and loving (Meadows *et al.*, 2004).

And this, my friends, brings my stories back to soils and the lessons they hold for us. Horizons are markers of change, of development, of transitions. A clear vision of what lies beyond the obvious is the far horizon – the horizon of Hope - at the beginning of a sustainable global habitat with harmony among humans and the ecosystems of their sustainability. Be a champion for that vision, never lose sight of the brilliance and comfort it kindles for all of humanity.

Networking with others, our spouses, friends, colleagues, institutions and individuals everywhere - with knowledge to share about sustainability is truly powerful. In a network all are equal – some may facilitate but they do not control. Ideas, techniques, experiences are everywhere and we can tap into each other's strengths and knowledge and overcome weaknesses and misunderstandings. Consider how far the Internet has brought us in a capacity to network globally as well as locally. Never under estimate the changes that individuals can and do make. Be active and network.

We often know an untruth when we hear it. Many are deliberate and are understood by both speakers and listeners. Such untruths are meant to manipulate, lull, or entice us, or to postpone action, justify a self-serving action, to gain or preserve power, or even to deny an uncomfortable reality. We are told that one of the most important tenets of systems theory is that information should not be distorted, delayed, or withheld. Lies corrupt and distort information systems.

Be aware of verbal traps and popular untruths. You can deny the idea that owning more material goods makes one a better person. You can question the notion that more for the rich will help the poor. And please remember that a warning about the future is not a prediction of doom, it is a recommendation to follow a different path.

The truth enables us to take informed actions. There is much work to be done to create a sustainable world. New farming methods have to be developed, new businesses have to be started and old ones redesigned to reduce their footprint. Land has to be restored, parks protected, energy system transformed, and international agreements reached. Each individual will find his own best role on this journey.

Learning means the willingness to go slowly, to try things, and to collect information about the effects of actions including the crucial information that an action is not working. Whatever you do, be humble. No one can be free to learn, not even the world's leaders, without patience and forgiveness.

*“Finding the right balance between the apparent opposites of
urgency and patience, accountability and forgiveness is a task
that requires compassion, humility, clearheadedness, honesty,
and - that hardest of words, that seemingly scarcest of all resources –
love”*

(Meadows *et al.*, 2004, p.281).

The deepest difference between optimists and pessimists is their position in the debate about whether human beings are able to operate collectively on a basis of love. Donella Meadows, a compelling futurist, believed that individualism and shortsightedness were the greatest problems of our current social system and the deepest cause of unsustainability. A far better alternative, she said, is love and compassion institutionalized in collective solutions. The sustainability revolution will have to be a collective transformation that permits the best of human nature to be expressed and nurtured. For many of us, sustainability is the social acceptance of stewardship.

Aurelio Peccei, an industrial leader and founder of the Club of Rome looked to the future, and observed a quarter of century ago that the humanity of our times must

..

...be capable of restoring within us love, friendship, understanding, solidarity, a spirit of sacrifice, conviviality, and it must make us understand that the more closely these qualities link us to other forms of life and to our brothers and sisters everywhere in the world, the more we shall gain.

(Meadows *et al.*, 2004, p.282).

Humanity cannot triumph in this adventure if people do not learn to view themselves and others as part of one integrated global society. Seek and trust the best human instincts in yourself and in every one. The most promising mental model of our world suggests that the limits are real, are close, and in some cases are below our current levels of consumptive use. It also suggests that there is just enough time, energy, material, money, environmental resilience, and human virtue to bring about a planned reduction of the ecological footprint of humankind – a revolution to a much better world for the vast majority. There is no way of knowing for sure, other than to try it.

A CONCLUDING COMMENT

The world is too dangerous for anything but truth, and too small for anything but love

Rev. William S. Coffin

(Lloyd, 2000).

As part of our search for knowledge we have been involved with the pedosphere. We have been exposed to horizons and dreamed of what lies beyond; we have seen life grow and then disappear, and we realize that soils are systems comprised of many subsystems. We have seen use and abuse of soil resilience. We comprehend more fully the uncertainty of history and the vagaries of the present in the stories recorded in soils. We have learned that a soil at one place is a member of the vast community of soils at other places – a kind of global society. Soil reinforces our philosophy and belief in the values of humanity and enables us to finally recognize a key message about a sustainable world.

It is simply this –“**Sustainable Only If Loved**”. Yes, indeed, “**So Obvious Is Love**”. We thank you **SOIL**. I leave you with a personal thought.

GO TOWARD THE LIGHT

*It is dark now, not only does the moon not shine
The cleverness of world leaders still covet 'what's thine'
Exponential growth has captivated a world-wide soul
Unbridled consumption fosters poverty and takes its toll
Technology and runaway economies say 'that's mine'*

*We exist on a planet with the utmost of extremes
Starvation and malnutrition haunt like midnight screams
Excesses of materialism abound for over-developed ones
Unrealistic cities and roads, luxuries covering naked bones
Dehumanized entities have lost touch with nature's dreams*

*It is dark now in the hearts of a myriad of bewildered beings
"Near" sightedness is when visions see only such things
Immediacy will never offer us intergenerational equity
Nor safe promotion and protection of environmental quality
Moving fast over global limits toward the disaster it brings*

*We exist on a planet where the candle of Hope is aglow
Although the flames of Faith, Truth and Love barely show
Hope remains bright in the hearts and souls of humankind
You and I and those around us are parts of a collective mind
With Hope we can rekindle the other three that they may grow*

*With the power of vision to see far beyond the obvious
The horizon of this new found wisdom is truly glorious
A world once again within its limits to sustain us all
Sufficiency for humans and for all things "big and small"
Have Faith in the Truth of Love to make the dark obnoxious*

rwa march 2005

REFERENCES

- DIAMOND, J.M. 2004. Lessons from environmental collapses of past societies. Fourth Annual John H. Chafee Memorial Lecture on Science and the Environment. National Council for Science and the Environment, Washington DC.
- GARDNER, G., ASSADOURIAN, E., SARIN, R. 2004. The state of consumption today. pp: 3-21 *In*: WorldWatch Institute, State of the World 2004. W.W. Norton & Co., New York.
- GLENN, J.C., GORDON, T.J. 1999. State of the future. American Committee, United Nations University millennium Project. July.
- HARDIN, G.1968. The tragedy of the commons. *Science*, 162(5859): 1243-1249.
- HYERDAHL, T. 1958. *Aku-Aku: The Secret of Easter Island*. Rand McNally & Co., New York. 384 p.
- LLOYD, B .2000. The wisdom of the world; messages for the new millennium. *The Futurist* (May-June 2000): 42-46. Also online: www.wfs.org/Q-intro.htm
- MEADOWS, D.H., RANDERS, J., MEADOWS, D. L. 2004. *Limits to Growth; a 30-year Update*. Chelsea Green Publishing Co., White River Junction, VT. 338 p.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM (UNDP). 2005. Millennium Environmental Assessment. Summany and details accessed online [www.greenfacts.org/ecosystems/millennium-assessment-3/99-main findings.htm](http://www.greenfacts.org/ecosystems/millennium-assessment-3/99-main_findings.htm) on March 31, 2005.
- WACKERNAGEL, M., SCHULZ, N.B., DEUMLING, D., LINARES, A.C., JENKINS, M., KAPOS, V., MONFREDI, D., LOH, J., MYERS, N., NORGAARD, R., RANDERS, J. 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99(14): 9266-9271. Accessed online www.pnas.org/cgi/content/full/99/14/9266 on May 2, 2005.
- WORLD SCIENTISTS. 1992. World Scientists' Warning to Humanity. Available at www.ucsusa.org/ucs/about/page.cfm?pageID=1009.
- WORLD WATCH INSTITUTE. *Vital Signs 2005; The Trends That are Shaping Our Future*. W.W. Norton & Co., New York. 2005. 139 p.

EL HORIZONTE DEL SUELO

Segundo Urquiaga⁽¹⁾, Cláudia P. Jantalia⁽¹⁾, Walter Luzio L.⁽²⁾, Bruno J. R. Alves⁽¹⁾, Robert M. Boddey⁽¹⁾.

¹*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA-Agrobiologia. Cx. Postal 74.505, CEP 23.851-970, Seropédica, RJ, Brasil. Telf. ++55-51-2682 1500. Fax ++55-21-2682 1230 (urquiaga@cnpab.embrapa.br)*

²*Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (wluzio@uchile.cl)*

ABSTRACT

Soil and water together comprise the natural resource base for food production for the world's population. For this reason the conservation of these finite resources is essential to maintain or improve the global food supply. However, since the beginning of large scale agriculture these resources have been undervalued, being seen as infinite in terms of both quantity and quality. Consequently, overexploitation has contributed to degradation and/or losses that are now reflected in a loss of productive capacity. Soil degradation has contributed significantly to global warming, mainly through the emission of large quantities of CO₂ to the atmosphere, but now this environmental effect is acting indirectly against the expansion of the agricultural frontier to the detriment of the poorest small land areas. As a result of the increasing incidence of drought and losses of soil fertility, hunger in the World is increasing and today affects around 1 billion people, and could become significantly worse in the middle term. Under traditional soil management practices, the degraded soils cannot produce enough food to meet demand. Therefore, a new approach is required for the management of the 10% of the world's land that is used for food production, , Studies must be carried out to develop new soil management techniques to optimize its productive capability, in perfect harmony with the other components of the agricultural system, giving special attention to replenishment of soil nutrients and plant adaptation to biotic and abiotic stresses.

Key words: soil degradation, soil fertility, soil management, food production, agricultural frontier, global warming, sustainability

RESUMEN

El suelo, junto con el agua, son los principales factores relacionados con la producción de alimentos que dispone la humanidad. Por eso es necesario conservarlo y mejorarlo. No obstante esto, el hombre desde el inicio de la agricultura nunca le dio su verdadero valor, pues lo consideró inacabable en su extensión y fertilidad, y por su inadecuado uso contribuyó a su degradación y/o a su pérdida, que se refleja en la disminución significativa de su capacidad productiva. La degradación de los suelos contribuyen emitiendo gases de efecto invernadero para el calentamiento global, y hoy en día esta problemática se está volcando contra las necesidades de expansión de la frontera agrícola a las pocas áreas potenciales restantes. Como los problemas frecuentes de sequía, y empobrecimiento del suelo, el hambre que ya afecta a cerca de 1 Ghab. de la población mundial podrá empeorar significativamente. Bajo el manejo tradicional, los suelos empobrecidos ya no atienden más la demanda de la producción de los alimentos necesarios. Por ello, el Horizonte del suelo, limitado a sólo 10% de la tierra del planeta, los estudios caminarán para el desarrollo de tecnologías que permitan optimizar su manejo, en perfecta armonía con los otros componentes de la producción agrícola.

Palabras clave: degradación de suelos, fertilidad de suelos, hambre, frontera agrícola, calentamiento global, manejo de suelos, sustentabilidad

INTRODUCCIÓN

El suelo junto con el agua es uno de los recursos naturales que más ha influido y continua influyendo en el desarrollo de la humanidad. Hoy en día se puede decir que el desarrollo de los pueblos está directamente relacionado con la riqueza de sus suelos y la disponibilidad de agua. No existen pueblos desarrollados en suelos pobres, mas tampoco podemos quedarnos aceptando esta generalidad pues para eso está la tecnología que nos permite optimizar los factores más favorables controlando el impacto negativo de los factores más desfavorables, ya sea para la producción de alimentos como para el propio bienestar de la humanidad.

Con el crecimiento de la población mundial se ha incrementado también el área cultivada, avanzando para las áreas con suelos cada vez más pobres, inclusive marginales, aumentando la deforestación y degradación de tierras (erosión, acidificación, salinidad, desertificación, entre otros), afectando el medio ambiente. El Panel Internacional de Cambios Climáticos del globo (IPCC) considera que la agricultura viene contribuyendo con 20% para el cambio climático global (CCG). Se debe destacar también que el CCG está dificultando cada vez más la

agricultura, para lo cual esfuerzos intensos vienen siendo realizados visando el desarrollo de técnicas que permitan una agricultura sostenible.

Con relación al tema propuesto para desarrollar sobre **El Horizonte del suelo**, en este prestigioso Congreso, entendiendo el tema dentro del contexto de la extensión y futuro del recurso suelo agrícola. En esta oportunidad se hará un análisis de los principales factores relacionados con su extensión, uso, manejo, pérdidas, degradación y recuperación, y posibilidades de expansión, considerando el suelo como uno de los principales recursos naturales disponibles para la producción de alimentos de la humanidad, destacándose que justamente el crecimiento de la población ha causado y continua causando una fuerte presión sobre el destino del recurso suelo.

INICIO DE LA AGRICULTURA.

Se considera que al inicio de la humanidad, cuando el hombre vivía de la caza hasta llegar a organizarse en sociedad había abundante disponibilidad de alimentos. El paso mayor que dio el hombre fue cuando aprendió a sembrar y cosechar, y a domesticar y criar los animales de su interés, dejando de ser nómada a vivir en sociedad. Esto significó el invento o descubrimiento de la agricultura, lo cual es considerado como uno de principales pasos del hombre para el desarrollo de la humanidad, tan importante como el manejo del fuego y el desarrollo del lenguaje (Roberts, 1993).

Diferentes partes del mundo alcanzaron la agricultura a diferentes tiempos. Los más viejos rastros de plantas cultivadas datan de 10 mil años antes de Cristo y han sido encontrados en el Sud-Este Asiático, y han sido formas antiguas de mijo y arroz, siendo ambos cultivos todavía muy importantes en la región. Cerca de 8 mil años más tarde el hombre Centroamericano y Sud Americano aprendieron a cultivar variedades primitivas de papa y maíz. Mucho más es conocido, sin embargo, los estadios iniciales de la agricultura del cercano Oriente, donde cerca de 9 mil años antes de Cristo muchos de los cultivos de cereales de grano que aún utilizamos, como trigo y cebada salvajes y otras gramíneas, fueron ampliamente difundidos, no solo dentro de la región sino hasta el Sud-Este europeo y dentro del valle del río Nilo. Siete mil años antes de Cristo, las primeras plantaciones y cultivos empezaron en la antigua Mesopotania, y de allí las técnicas agrícolas rápidamente se difundieron para el resto de Europa y las Islas Británicas. Desde la antigüedad hasta nuestros días la dificultad en la comunicación ha contribuido a la baja difusión de las técnicas agrícolas. Actualmente, por ejemplo, sea por razones económicas o no, hay muchos agricultores cuya herramienta agrícola principal es el azadón, cuando no sus propias manos, y en estas circunstancias reina la pobreza

y la desnutrición, comparado con los agricultores altamente tecnificados, donde una sola familia puede manejar hasta 200 hectáreas (Arthus-Bertrand, 2004).

El sistema más primitivo de la agricultura fue la migratoria basado en la deforestación y la quema. Las áreas de florestas inicialmente utilizadas poseían suelos fértiles y ricos en materia orgánica. Los cultivos eran sembrados entre los troncos y raíces de los árboles. Luego de algunos años el suelo quedaba empobrecido y la agricultura se mudaba para otra área. Esto fue por mucho tiempo la agricultura que podía ser practicada, pero con el pasar del tiempo los agricultores aprendieron a labrar la tierra y así consiguieron cultivar la misma área por varios años, lo cual contribuyó para la vida del hombre en sociedad (Roberts, 1993). De esta forma, desde su inicio, la agricultura afectó la biodiversidad, promoviendo la multiplicación y preservación de las especies de interés, y con la quema comenzó a contribuir para las emisiones de CO₂ para la atmósfera, el inicio del calentamiento global.

Con el dominio de variedades seleccionadas por sus características favorables, por ser más productivas por ejemplo, hubo aumento en la disponibilidad de alimentos. Esto fue el gran salto de la agricultura que trajo un marcado aumento en la disponibilidad de alimentos después de la caza. Mayor disponibilidad de alimentos trajo consigo aumento en la población lo que a su vez indujo a una mayor demanda de alimentos. Un círculo vicioso. El hombre no era más que un miembro de la biodiversidad, con comportamiento más animal que racional, y al inicio seguramente el hombre ni siquiera sabía de la importancia del recurso suelo en la forma como hoy lo valorizamos. Con el pasar del tiempo, los grupos de vidas se organizaron y se inició la civilización, cuando ya el suelo comenzó a ser valorizado, tal como quedó demostrado por los terrazas Mayas, Incas y Aztecas, nuestros antepasados más cercanos.

CRECIMIENTO POBLACIONAL Y DEMANDA DE ALIMENTOS.

Siendo el suelo uno de los principales factores relacionados con la producción de alimentos, su Horizonte, en el contexto de este trabajo, sólo podrá ser adecuadamente comprendido teniendo en cuenta la demanda por alimentos para atender el crecimiento poblacional de las diferentes regiones y del mundo como un todo.

En el espacio de último siglo el población del planeta se ha transformado marcadamente. En la época romana, en el mundo existían cerca de 250 Mhab., 15 siglos más tarde, en el Renacimiento, la población ultrapasó los 500 Mhab. Fueron necesarios 15 siglos para doblar la población. Alrededor del año 1810 la población

alcanzó 1 Ghab. En 1930, 2 mil Mhab. y en 1975, 4 mil Mhab. Actualmente somos alrededor 6 mil Mhab.. Según las tasas de crecimiento actual (1.2% por año), la población se puede doblar a cada 55 años, mas las NNUU consideran que la población mundial podrá estabilizarse por alrededor de 8 mil Mhab. dentro de 50 años. La desaceleración del crecimiento está asociada más a los programas de control de la natalidad (Arthus-Bertrand, 2004). En la actualidad se considera que alrededor de 900 Mhab., equivalente a 14% de la población mundial, sufren de mal nutrición, la mayoría en Asia, pero la región del Sub-Sahara es donde el hambre prevalece sobre el 30%, y donde el número absoluto de mal nutridos aumenta a cada año (FAO, 2004).

La seguridad alimentaria es definida como la situación “Cuando toda la población, dispone todo el tiempo de acceso físico y económico a suficiente, seguro y nutritivo alimento, para reunir su dieta necesaria y referencia alimenticia para una vida activa y saludable” (FAO, 2003). En rigor este concepto es bastante complejo y muchas veces difícil de ser atendido, siendo que, como pasa en África, gran parte de la mal nutrición y hambre están más relacionadas con pobreza y desigualdad en el acceso a los alimentos (FAO, 1993, Matson *et al.*, 1997), asunto que no será tratado en este trabajo. De todas formas, parece una paradoja que justamente la población que tiene más contacto con el suelo o agricultura sea la que más sufre por hambre. Cerca de 50% de la población del mundo con hambre está en las familias de los pequeños agricultores, 20% con los sin tierra, 10% pastores, pescadores y habitantes de la floresta, y 20% es urbana. De todos ellos, 75% se encuentran en África (Arthus-Bertrand, 2004).

La importancia de las causas del hambre varía entre regiones, y se resume en lo siguiente:

A. Los bajos rendimientos agrícolas parece ser la causa principal en África tropical, y áreas remotas de Asia, América Latina y el Caribe.

B. Pobreza y desempleo son las principales causas en la mayoría del Sur y Sud-Este de Asia, América Latina, Asia Central y Oriente medio.

Adicionalmente se debe desatacar que las enfermedades endémicas como SIDA y malaria también contribuyen para disminuir las fuerzas para el trabajo y para la mal nutrición (Sanchez & Swaminathan, 2005, Stocking, 2003)

Hay un consenso que la investigación agrícola es el mejor camino para reducir el hambre en el mundo.

LOS SUELOS AGRÍCOLAS. PRESENTE Y FUTURO.

A continuación se hace un análisis sobre El Horizonte del Suelo, o mejor de dicho hasta dónde podemos contar con la tierra disponible para uso en la agricultura, así como sobre los factores principales que afectan su capacidad productiva.

Por su extensión los principales suelos del mundo son los Aridisoles, Inceptisoles, Alfisoles, Entisoles, Oxisoles y Ultisoles, los cuales suman 81% del área de la tierra (Cuadro 1, Lal, 1997). Los suelos agrícolamente más productivos y de alta fertilidad son los Inceptisoles, Entisoles, Molisoles, Histosoles y Andisoles que constituyen 33% de los suelos del mundo, los cuales están localizados justamente en las regiones templadas, en las áreas de dominio de los países desarrollados. Sin duda que esta riqueza debe haber influido también en el desarrollo de estos países. Ahora, en las regiones tropicales, donde está localizada la mayoría de los países en desarrollo, los suelos son generalmente pobres como los Oxisoles, Ultisoles y Andisoles. Es importante destacar que de acuerdo con el Cuadro 2, son justamente los suelos más pobres que actualmente vienen alimentando o tratando de alimentar a más del 80% de la población del mundo. Por eso, el desafío mayor por ahora, y que se mantendrá por mucho tiempo, será el desarrollo tecnológico para el establecimiento de una agricultura productiva y sustentable, en equilibrio con el medio ambiente.

Cuadro 1. Distribución de los suelos según Orden en las regiones tropical y templada del mundo^a.

Orden	Área en el mundo		Área tropical		Área templada	
	Mha	%	Mha	%	Mha	%
Alfisoles	1828.3	13.5	641.1	35.1	1187.2	64.9
Andisoles	255.2	1.9	168.3	65.9	86.9	34.1
Aridisoles	3174.3	23.5	911.7	28.7	2262.6	71.3
Entisoles	1492.1	11.0	325.6	21.8	1166.5	78.2
Histosoles	174.5	1.3	28.6	16.4	145.90	83.6
Inceptisoles	2158.0	16.0	456.5	21.2	1701.5	78.8
Mollisoles	548.0	4.1	23.4	4.3	524.6	95.7
Oxisoles	1177.2	8.7	1151.2	97.8	26.0	2.2
Spodosoles	487.8	3.6	4.0	0.8	483.8	99.2
Ultisoles	1133.0	8.4	901.8	79.6	231.2	20.4
Vertisoles	328.7	2.4	218.9	66.6	109.8	33.4
Otros	764.4	5.6	135.8	17.8	628.6	82.2
Total	13,521.5	100.0	4966.9		8554.6	

^aAdaptado de Lal, 1997.

Cuadro 2. Distribución de las tierras arables en uso y la población por regiones en el mundo (Calculado de FAO, 1993 y Arthus-Bertrand, 2004)

Región	Tierra arable		Población	
	Mha	%	Mhab.	%
África	163.6	12.1	863.8	14
América del Norte y Central	264.4	19.6	308.5	5
América del Sur	96.8	7.2	617.0	10
Asia (sin ex – URSS)	424.8	31.4	3578.6	58
Europa (sin ex - URSS)	122.6	9.1	493.6	8
Oceanía	51.6	3.8	61.7	1
URSS (sin Asia y Europa)	227.5	16.8	246.8	4
Mundo	1351.3	100.0	6170	100.0

Hasta hace apenas 40 años, para atender la creciente demanda de la producción de alimentos agrícolas del mundo, dos grandes estrategias eran aplicadas; la expansión de la frontera agrícola y la tecnificación, esta última basada en el mejoramiento genético de los cultivos y en la aplicación de fertilizantes, proceso conocido como Revolución Verde, como se tratará más adelante. En lo que respecta a la expansión agrícola, se debe mencionar que el área actualmente cultivada en el mundo equivale a aproximadamente un décimo de toda la tierra del planeta (1351 Mha), lo cual no significa que se dispone todavía de mucha tierra para ser incorporada a la agricultura. Contra esto se tiene principalmente el factor ambiental, que como se verá más adelante, el hombre ha superado el límite de la deforestación o de la degradación del suelo y medio ambiente, que ahora se está volviéndose contra el propio progreso de la agricultura.

De acuerdo con las informaciones del Cuadro 3, la mayoría de las oportunidades para abrir nuevas áreas agrícolas para cultivos anuales ya han sido agotadas, lo cual es especialmente correcto para las áreas densamente pobladas de Asia y Europa. Solamente en las regiones del Sub-Sahara y América del sur existen inmensas áreas inexploradas, siendo que sólo algunas de estas tierras serían eventualmente incorporadas a la agricultura. Se debe destacar también que en la populosa Asia, hogar de mitad de la población del mundo, existe muy poca área con potencial de ser incorporada para la producción de cultivos anuales. Justamente, el sur de Asia, particularmente en el Sud-Oeste, alrededor de 21 Mha bajo cultivo no deberían estar siendo explotadas, pues por ser muy áridas o por su inadecuada topografía son muy vulnerables para ser degradadas o perdidas por erosión (Borlaug & Dowswell, 1994).

Cuadro 3. Potencial de tierras agrícolas (Mha) en los países en vías de desarrollo^a.

Área	África	Asia			América		Total
		Sud-Oeste	Sud-Este	Central	Sur	Central	
Potencial cultivable	789	48	297	127	819	75	2155
Bajo cultivo	168	69	274	113	124	36	784
No cultivado	621	0	23	14	695	39	1392
% de la región	79	0	8	11	85	52	
% de todas las regiones	29	0	1	0.5	32	2	65

^aAdaptado de Borlaug & Dowswell (1994).

Al final de los años 60, cuando se consideraba que la frontera agrícola del mundo había llegado prácticamente a su fin, en América del Sur se descubre que los suelos del Bioma Cerrados localizados en la parte central de Brasil, tenían buenas posibilidades de ser incorporados a la agricultura, se abrió la posibilidad de una nueva frontera agrícola, con posibilidad de ser expandida para más de 20Mha. Hoy en día esto es una realidad. Los suelos del Cerrado, en su mayoría Oxisoles y Ultisoles, son extremadamente ácidos, con altos contenidos de aluminio, muy pobres en nutrientes, pero con topografía plana y de muy buena estructura y drenaje. La vegetación natural varía desde inmensas áreas con pasturas (de baja calidad forrajera) hasta áreas con vegetación arbórea densa. Del total del área de esta frontera agrícola, cerca de 50% son consideradas “arables”, o mejor dicho cerca de 100 Mha son adecuadas para la producción de cultivos anuales y el restante para pasturas y otros cultivos perennes. Todo esto fue posible principalmente gracias a resultados relevantes de intensos trabajos de investigación en manejo de suelos (encalado, fertilización, etc.) y cultivos (selección de variedades, etc.), y más recientemente se incluyó también sistemas de labranza conservacionistas (siembra directa). Actualmente más de 45% de la producción de granos del país, equivalente a 49 Tg provienen de esta región, producida en apenas 17.8 Mha de suelos del Cerrado (Cuadro 4), restando todavía 83 Mha para ser explotada en la producción de cultivos anuales. Justamente por el Bioma Cerrados, América Latina permanece como el líder mundial en área potencialmente cultivable, o mejor dicho, el horizonte en la disponibilidad de suelos agrícolas en la región todavía es grande.

Cuadro 4. Área cultivada y producción de los principales cultivos del Cerrado^a.

	Cerrado		Brasil		Contribución del Cerrado en la Producción Nacional (%)
	Área (10 ³ ha)	Producción (Gg)	Área (10 ³ ha)	Producción (Gg)	
Arroz	1,368	3,504	3,961	13,200	27
Café	778	753	2,319	2,160	35
Frijol	504	783	3,757	3,034	26
Maíz	3,131	12,312	11,479	35,614	35
Trigo	105	212	2,460	5,164	4
Soja	11,984	31,587	22,835	50,966	62
Total	17,870	49,151	46,811	110,138	45

^aFuente: Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE), 02/08/2005)

Otra posibilidad de expansión de la frontera agrícola en el mundo sería la explotación de las inmensas áreas que corresponde a los Aridisoles, que ayudaría mucho al Sud-Sahara, a través de la irrigación tal como se desarrolló en gran intensidad en Israel y en pequeñas áreas de diversas regiones semiáridas del mundo. En el siglo pasado las zonas irrigadas del mundo se multiplicaron por 7, especialmente en India, China, Oriente medio, Perú y Brasil, entre otras. Las irrigaciones consumen actualmente 70% del agua dulce utilizada en el mundo, debido a las grandes demandas de la agricultura. Son necesarios 1,500 toneladas de agua por cada tonelada de granos de trigo producido, y el triple para una tonelada de arroz. En varios países en desarrollo, donde la irrigación es vital, las superficies irrigadas absorben casi la totalidad del consumo de agua. A pesar de las ventajas de la irrigación, en que 16% de las tierras agrícolas responden por 40% de la producción agrícola mundial (Arthus-Bertrand, 2004), hoy en día no es fácil su extensión debido a la limitación de agua dulce disponible, a no ser a través de sistemas súper eficientes como la fertirrigación y la agricultura de precisión.

Se debe destacar también que la práctica de la irrigación agrícola no siempre es adecuadamente aplicada, y por eso es generalmente la causa principal de la salinización de los suelos. Se estima que 60 Mha del área agrícola irrigada del mundo, de las cuales 75% se sitúan en Asia, estén siendo perdidas por salinidad o mal drenaje (Arthus-Bertrand, 2004). Un ejemplo desastroso sobre el inadecuado uso del agua dulce, y que afecta el medio ambiente se tiene en el mar de Aral, en Casaquistán, que era el cuarto mayor lago del mundo, con una superficie de 66,500 km², pero después de la construcción en los años 60 de una vasta red de irrigación, especialmente destinada al cultivo de algodón en la región, el caudal de los ríos Amou Daria y Syr Daria que abastecían el mar de Aral bajaron a niveles preocupantes, el lago perdió 50% de su superficie, 75% de su volumen de agua, y lo que está restando son inmensas áreas salinas (Arthus-Bertrand, 2004). Por lo mencionado anteriormente, el problema de la salinización y mal drenaje de los

suelos es hoy como el cáncer que está minando y llevando a la pérdida de inmensas áreas productivas del mundo. En América Latina, en Perú por ejemplo, es fácil observar cómo el mal drenaje y la salinidad está llevando inmensas áreas de influencia de las irrigaciones a ser perdidos o a disminuir significativamente su capacidad productiva, fenómeno que va justo contra la manutención y expansión de la frontera agrícola.

Por otro lado, lo que se observa hoy en día es que inmensas áreas de la Amazonía vienen siendo deforestadas irresponsablemente, con la justificación de expandir la frontera agrícola, pero en este caso el problema está más asociado por presión de la economía global empujando a los agricultores a nuevas áreas visando compensar el empobrecimiento de los suelos de las áreas intensamente manejadas (Arthus-Bertrand, 2004).

Al mismo tiempo que la preocupación por la alimentación de la población mundial, también crece la preocupación por el cambio climático global

DESARROLLO AGRÍCOLA Y MEDIO AMBIENTE. CALENTAMIENTO GLOBAL.

La expansión de las tierras agrícolas es ampliamente reconocida como una de las significativas alteraciones humanas del ambiente terrestre. El área total de tierra cultivada en el mundo se incrementó en 466% desde el año 1700 al año 1980 (Matson *et al.*, 1997). En cuanto la tasa de expansión, ésta ha disminuido en la últimas 3 décadas, el rendimiento de los cultivos ha aumentado significativamente, por encima de la tasa de crecimiento de la población mundial (Grigg, 1993 y Matson *et al.*, 1997). Esto ha ocurrido gracias al desarrollo científico y tecnológico basado ampliamente en la intensificación del manejo de la tierra actualmente en explotación, acompañado por el uso de variedades de alto rendimiento, fertilizantes químicos y pesticidas, irrigación y mecanización (Matson *et al.*, 1997).

Desafortunadamente, la antigua práctica de la deforestación todavía se aplica intensamente en las áreas tropicales del mundo y equivale a 15.2 Mha/año, lo cual no se realiza para aumentar la producción de alimentos para las poblaciones locales sino para producir básicamente cereales destinados para la alimentación, a bajo costo, el ganado o animales de los países desarrollados (Arthus-Bertrand, 2004). Como es sabido, tanto la deforestación como la actividad agrícola extensiva, que domina en los países en desarrollo, han sido consideradas como las principales causas de la degradación de los suelos y el deterioro ambiental de significativas extensiones de tierra del planeta. Dentro de esto se destaca la práctica de explotar los nutrientes del suelo con nula o mínima reposición a través

de la fertilización y prácticas apropiadas de manejo como la rotación de cultivos. En la mayoría de los países en desarrollo los productos agrícolas son producidos a expensas del empobrecimiento (degradación) de los suelos. Un buen ejemplo lo constituye la explotación de los suelos de la pampa argentina, donde los suelos vienen perdiendo significativas cantidades de materia orgánica (Días-Zorita *et al.*, 2002; García, 1999). De esta forma, los agricultores al ver sus tierras produciendo menos caminan para la deforestación en busca de suelos más fértiles, cada vez más escasos (Urquiaga *et al.*, 2004).

En los países en desarrollo, la intensificación de la agricultura se centró basada en la “Revolución verde” que empezó al inicio de los años 60 con la obtención y diseminación de variedades de cereales de altos rendimientos, que respondían fuertemente a la aplicación de fertilizantes (Matson *et al.*, 1997). Gracias a la Revolución verde fue posible eliminar el hambre en las numerosas poblaciones del Sur y Este de Asia, que rápidamente pasaron a ser autosuficientes en su alimentación básica (Borlaug & Dowsell, 1994).

Con la Revolución verde, el significativo incremento en la producción de alimentos desde 1960, fue acompañado por el consumo marcado de N-fertilizante, que pasó de 10 Tg en 1960 para más de 80 Tg en 1990 (Figura 1, Matson *et al.*, 1997). La preocupación ha ido en aumento especialmente acerca de la sustentabilidad y consecuencias ambientales debido a la intensificación de los sistemas agrícolas.

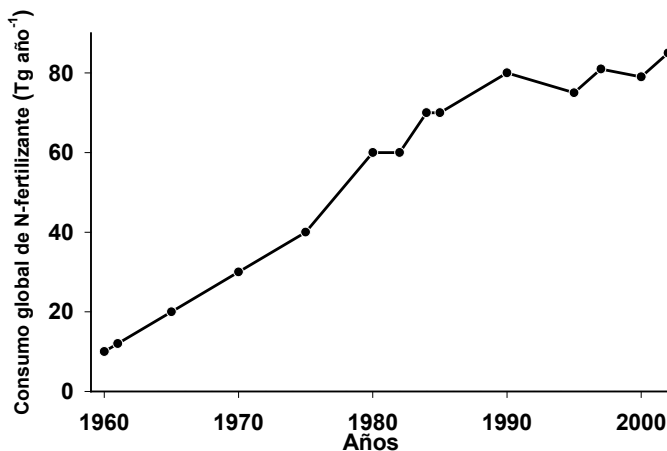


Figura 1. Consumo global anual de N-fertilizante de 1960 a 2002.

Existe un nexo entre cambios climáticos, seguridad alimentaria, fertilidad del suelo y otras prácticas agrícolas. Se debe destacar que está científicamente comprobado que los cambios climáticos están fuertemente asociados con el desarrollo de la humanidad. De esta forma es predecible que África será la región más vulnerable, siendo por ello esencial realizar estudios visando optimizar aspectos de adaptación y mitigación del CCG (Sanchez & Parry, 2001).

La pérdida de la materia orgánica del suelo (MOS), que conlleva al aumento de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero (GEI) para la atmósfera, debido a la conversión de ecosistemas naturales para la agricultura permanente, es uno de los principales temas intensamente estudiados hoy en día. En las zonas agrícolas templadas la pérdida de la MOS de la capa arable fue rápida en los primeros 25 años, con pérdidas de 50% del C original (Figura 2). En los trópicos tales pérdidas pueden ocurrir en 5 años después de la conversión de la floresta nativa en cultivo anual de soja bajo labranza convencional (Silva *et al.*, 1994).

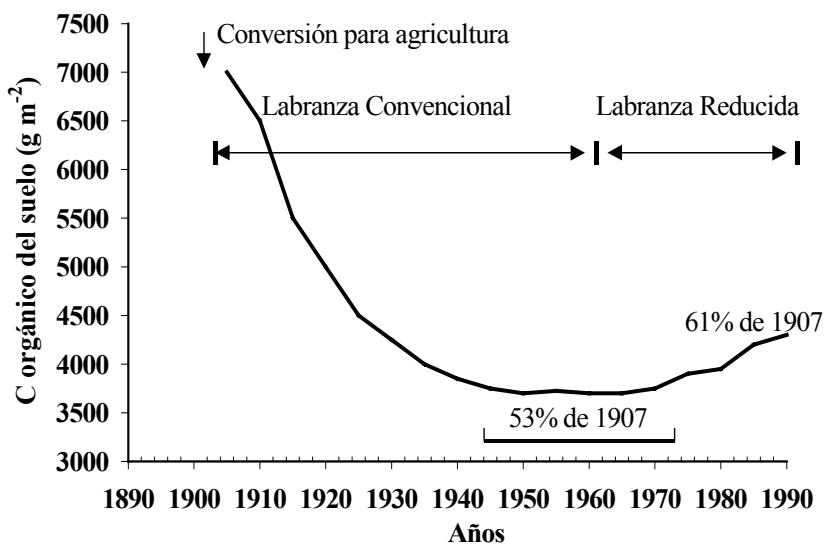


Figura 2. Variación simulada del contenido de C orgánico del suelo (0-20cm) en la región productora de maíz de EUA teniendo como referencia el año de 1907. Influencia de la labranza convencional (LC) y labranza reducida). Adaptado de Matson *et al.* (1997) .

Por otro lado, se debe destacar también que la agricultura de altos rendimientos es dependiente del uso de fertilizantes, especialmente N sintético producido a través de proceso industrial consumiendo energía fósil y emitiendo GEI, y secundariamente P el cual es obtenido de minas o depósitos de roca fosfórica. Una razonable estimativa es que el N-fertilizante recuperado por los cultivos varía de 40 a 60% (Paustian *et al.*, 1992 y Urquiaga & 2000) y el restante permanece en el suelo o es perdido del sistema. Por eso el uso de fertilizantes tienen también importante impacto ambiental a nivel local, regional o global (Matson *et al.*, 1997). Para evitar o reducir la degradación ambiental por el uso de N-fertilizante, especial atención se debe dar al aumento de la eficiencia de recuperación del nutriente por los cultivos, lo cual se consigue a través de la aplicación racional y sincronizada de los fertilizantes en función de la demanda por la planta, dentro del contexto de la agricultura de precisión.

Las relaciones del hombre con su medio ambiente son complejas. Un pastor de ganado que sobrecarga la capacidad de carga animal en la región del Sahel puede causar mucho más daño favoreciendo el avance del desierto que centenas de habitantes por km² viviendo en los arrozales de Java o en las Filipinas, en frágil equilibrio con la naturaleza. O sea no siempre una gran población contamina o degrada más el ambiente (Arthus-Bertrand, 2004). De cualquier manera, el IPCC considera que la agricultura responde por cerca de 25% del calentamiento global, lo cual debe ser minimizado.

Por otro lado es importante destacar también que los Centros del CGIAR han determinado que, a pesar de todo, los aumentos en la productividad de alimentos en los últimos 30 años causados por la tecnología agrícola, han contribuido ventajosamente para atenuar o retrasar el impacto del crecimiento de la agricultura en las emisiones de CO₂ atmosférico por 5 años, lo cual ya es algo para afrontar este problema (Sanchez & Parry, 2001).

EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SU EFECTO EN LA AGRICULTURA: IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.

No obstante que la disminución de la tasa de emisión de CO₂ por el suelo o sistemas agrícolas es ventajosa, el futuro todavía continua muy preocupante. Como consecuencia del calentamiento global ha aumentado la esterilidad de granos de cereales. El IRRI ha demostrado que por cada grado Celsius de aumento en la temperatura media máxima del aire, el rendimiento de arroz disminuye 16% debido a la esterilidad de los granos. Si estas informaciones se analizan teniendo en cuenta los datos del IPCC sobre proyecciones del calentamiento global, se espera que la producción de alimentos del mundo disminuya de 5 a 11% por el año 2020 y de 11 a 46% por el año 2050. En ese sentido, cuando la Comisión

Europea para el Desarrollo indica que el calentamiento global puede neutralizar el avance obtenido en la seguridad alimentaria del planeta, parece correcta, se refuerza así mismo, que actualmente el mejor camino para contrarrestar el problema es obviamente la investigación agrícola (Sanchez & Parry, 2001)

Se espera que la temperatura para los próximos 100 años debe aumentar entre 1.4 y 5.5°C, y el mundo al ser más caliente resultará también en ser más húmedo. Durante el calentamiento global, se espera que el interior de los mayores continentes se caliente más rápidamente que los océanos. Así, algunas de las áreas del interior de los continentes serán peores en cuanto a la pobreza, hambre e inseguridad alimentaria (Sanchez & Parry, 2001). Debido a todo esto, es esperado que por el calentamiento global se observen cambios en la distribución de las lluvias, como ya se está sintiendo en diversas áreas del planeta. Las áreas donde habrá menos lluvias son las regiones semi-áridas de África, Sur de Asia, Oriente medio, América Central, Sur de EUA y partes de América Latina. Así mismo, las áreas más húmedas serán, por ejemplo, la región de los monzones del Sur de Asia, donde los monzones se intensificarán, y las áreas semi-áridas tenderán a ser más secas debido a la combinación del incremento de la evapotranspiración y disminución de las lluvias. En América del Sur las áreas más secas y más húmedas estarán mezcladas (Sanchez & Parry, 2001). Sin duda que todo esto afectará la capacidad productiva de los suelos, siendo que todo indica que las áreas ya afectadas por la pobreza y donde los suelos son justamente más pobres serán las más seriamente afectadas.

Emisiones no estabilizadas de CO₂ por el año 2080 dejarán cerca de 60 Mhab. con riesgo de hambre, en cuanto que un esfuerzo para reducir aún 20 veces las emisiones de CO₂ del protocolo de Kyoto dejará 43 Mhab. con riesgo de hambre, sólo 26 Mhab. menos. Así, la mitigación no tiene un marcado impacto para disminuir el hambre en el mundo debido a dos razones muy importantes: Se ha demorado mucho para iniciar la mitigación, y durante mucho tiempo, más de 200 a 300 años se han emitido substanciales cantidades de CO₂, sin dejar de considerar que hay todavía mucho CO₂ almacenado en los océanos que continuará siendo emitido a la atmósfera. Además, se debe destacar que aunque se apliquen prácticas eficientes de mitigación, la curva creciente de calentamiento deberá continuar hasta que sólo después de un buen tiempo consiga disminuir (Sanchez & Parry, 2001). Así, hoy en día, la aplicación de las técnicas de adaptación de las especies o variedades de cultivos se espera que tenga un efecto más favorable, al menos a corto plazo, dentro del contexto de la agricultura sustentable para afrontar el problema. Dentro del tema de las adaptaciones un aspecto importante sería la obtención de variedades adaptadas a las sequías para las regiones más propensas a este problema en el futuro. Las áreas más vulnerables son el sur de Asia, África y pequeñas islas. Si estas adaptaciones no se realizan, los problemas con el uso de la

escasa agua dulce disponible podrá ser afectada también, pues los grandes productores, con mayores recursos económicos, obtendrán agua de pozos cada vez más profundos donde el nivel de agua que disminuye a razón de cerca de 30 cm/año, pasará a la tasa de 36 cm/año, haciendo cada vez más difícil la vida de los agricultores más pobres. De esta forma la diferencia entre ricos y pobres será mucho mayor a no ser que una rápida adaptación de cultivos o variedades pueda ocurrir (Sanchez & Parry, 2001).

ALGUNOS CAMINOS PARA LA CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL RECURSO SUELO DENTRO DEL CONTEXTO DE UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE.

Para atender la creciente demanda por alimentos es necesario pensar primero en preservar el recurso suelo disponible, especialmente en regiones donde las posibilidades de expansión son escasas. Se debe destacar también que la pérdida de la capacidad productiva de los suelos por diferentes mecanismos llamados también de “Factores de degradación”, en tesis significa lo mismo que perder suelo o disminución del área agrícola, lo cual debe ser evitada. El problema de la degradación de los suelos se inició en la antigüedad o mejor dicho nació con la agricultura, con el uso abusivo de los suelos (Olsen, 1981). El principal problema de la degradación está asociado con las pérdidas de suelo por erosión, conforme indican los datos de Oldeman *et al.*(1991), siendo que los mayores problemas (70%) están localizados en Asia y África (Cuadro 5), y sus efectos son duraderos conforme remarca Bunney (1990), indicando que la deforestación de los suelos de las áreas montañosas de México, por ejemplo, que data de más de 3,500 años, sus efectos todavía se mantienen hasta la actualidad. La erosión ocurre como resultado de la disminución de la cobertura vegetal y de la estructura del suelo lo cual contribuye a la reducción de la infiltración del agua, resultando en aumento de la escorrentía superficial, causante de la erosión hídrica.

Cuadro 5. Degradación antrópica de suelos en el mundo, relativo a los 4 principales procesos de degradación (de moderado a extremadamente degradado, en Mha). Oldeman *et al.* 1991.

Región	Erosión		Degradación		Total Mha
	hídrica	eólica	química	física	
África	170	98	36	17	321
Asia	315	90	41	6	452
América del sur	77	16	44	1	138
América del Norte y Central	90	37	7	5	139
Europa	93	39	18	8	158
Australia	3	15	1	2	21
Total	748	295	147	39	1229 ^a
% del total	61	24	12	3	

^aSi se incluyen los suelos ligeramente degradados el total sube a 1965 Mha.

Uno de los principales indicadores de la degradación de las tierras está relacionado con la disminución del contenido de materia orgánica del suelo, parámetro que refleja muy bien la calidad del suelo, considerando que es uno de los principales componentes relacionados con la fertilidad o capacidad productiva del suelo en su sentido más amplio.

Para hacer frente a la erosión, aparte de las conocidas prácticas de manejo como siembras en surcos a nivel o en fajas, etc., el sistema de siembra directa (SD), manteniendo los residuos de cosecha en la superficie del suelo como cobertura, es uno de los más promisorios. Este sistema agrícola está cada vez creciendo en extensión, especialmente en América Latina, destacándose Brasil, Argentina y Paraguay, cuya superficie alcanza 30% del área bajo SD en el mundo. Este sistema agrícola está permitiendo no sólo controlar la erosión sino mejorar el contenido de MOS en la capa superficial del suelo. Gracias a este efecto, el estudio de Sá (1993) demuestra que el sistema de SD disminuye con el tiempo las necesidades de aplicación de fertilizante nitrogenado, aumentando su eficiencia. La SD también abre inclusive la perspectiva de contribuir al secuestro de C en el suelo. Con relación a este aspecto, algunos estudios como los de Sisti *et al.* (2004) confirman que sólo es posible aumentar el contenido de C o MOS cuando el sistema presenta un balance positivo de N, lo cual se consigue mediante la inclusión de leguminosas-abonos verdes en la rotación de cultivos. Es más, se confirma que por cada unidad de N que se consigue fijar en el suelo en forma orgánica estable (humus), se abre la posibilidad de fijar o secuestrar en el suelo hasta 10 unidades de C, de donde se demuestra que en el proceso de secuestro de C en el suelo, más importante que el propio C que es abundante en el sistema, es el nitrógeno el que normalmente es limitante en la mayoría de los sistemas agrícolas (Urquiaga *et al.*, 2002)

Dentro de los sistemas agrícolas más promisorios que se tiene en la región subtropical de América Latina, para mantener y/o mejorar el contenido de MOS, está la rotación de períodos de 3 a 4 años de cultivos anuales con similar período de pasturas de gramíneas asociadas con leguminosas (Studdert *et al.*, 1997).

Otros buenos ejemplos acerca de la importancia del uso de abonos verdes en la recuperación de la calidad de los suelos tropicales se ha observado claramente en África (Benin), como en América Central, donde la mucura viene contribuyendo significativamente para mejorar los suelos y el rendimiento de los cultivos. Cuando la mucura fue recién introducida en Benin, sólo 15 familias de agricultores adoptaron su cultivo en 1987, pero en poco tiempo se expandió sensiblemente y en 1996 cerca de 100 mil familias ya adoptaban su cultivo (Versteeg *et al.*, 1998). En cuanto eso, en Honduras cerca de 70% de los agricultores, especialmente los pequeños dependen de la mucura para sustituir la fertilización nitrogenada, además de contribuir a mantener y/o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

Un mecanismo de gran relevancia para mejorar la productividad de los suelos, pero que poca atención ha recibido es la difusión de los resultados de investigación, lo cual es especialmente crítico en las zonas más alejadas donde la comunicación es escasa. Resulta que en muchos lugares del planeta, en cuanto hay regiones donde la Revolución verde ni siquiera se ha iniciado, existen otras donde ya se está pensando en su reinención, donde se incluyen las técnicas biotecnológicas y la agricultura de precisión.

CONSIDERACIONES FINALES

El suelo es el principal recurso natural directamente relacionado con la producción de alimentos para sustento de la creciente población mundial. Actualmente sólo son cultivados cerca de 10% del área terrestre del planeta, sin embargo, esto ya equivale al límite de su expansión, controlado además por las condiciones inherentes al suelo y por las condiciones ambientales (Calentamiento global). Por ello, actualmente, sólo se vislumbra el desarrollo de tecnologías que permitan aumentar el rendimiento de los cultivos a través de la conservación y/o aumento de la capacidad productiva de los suelos, dentro del contexto de la agricultura sustentable. En este sentido se podría decir que el Horizonte del suelo está limitado en su extensión, pero no en su potencial de capacidad productiva. Existen tecnologías disponibles que siendo adecuadamente aplicadas y/o adaptadas a diferentes suelos permitirían aumentar en varias veces los actuales rendimientos

unitarios de los cultivos, especialmente en las áreas más alejadas de los países en desarrollo, mas para ello no sólo son necesarios los recursos económicos sino también la optimización de la difusión de las modernas tecnologías disponibles. Dentro de las técnicas modernas disponibles se destacan además de las relacionadas con el manejo de suelos (encalado, fertilización, etc.), el uso de semillas mejoradas, control de plagas y enfermedades, irrigación, y sistemas conservacionista de preparación del suelo (siembra directa) y apropiada rotación de cultivos, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresas su agradecimiento al CNPq por la bolsa de investigación concedida. También se agradece a la FAPERJ y al Organismo Internacional de Energía Atómica por la ayuda recibida para el desarrollo de varias de las investigaciones mencionadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ARTHUS-BERTRAND, Y., 2004. A terra vista do céu. Copenhaga, ed. Aeditora O Mundo. 451 p.

BORLAUG, N.E. & DOWSWELL, C.R., 1994. Feeding a human population that increasingly crowds a fragil planet, pp: 1-15. *In*: World Congress of Soil Science, 15, Acapulco, México. Keynote lecture. Acapulco: International Society of Soil Science.

BUNNEY, S., 1990. Prehistoric farming caused devastating soil erosion. *New Scientist*, 125: 29-30.

DÍAZ-ZORITA, M., DUARTE G.A., GROVE, J.H., 2002. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 65:1-18.

FAO. 2004. The state of food insecurity in the world (www.fao.org/spfs). FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

FAO. 2003. Special programme for food security. The state of food insecurity in the world. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Roma.

FAO. 1993. Agriculture: Towards 2010. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Roma.

GRIGG, O.B., 1993. The world food problem, in R.L. Naylor, W. Falcon y E. Savaleta. Population and Development Review, 23: 41.

GARCÍA, F., 1999. Aspectos principales de siembra directa y los cultivos de soja y maíz en Argentina. pp: 21-32. *In*: Conferência Anual da Revista Plantio Direto, IV.

MATSON, P.A., PARTON, W.J., POWER, A.G., SWIFT, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science, 277: 504-509 (www.sciencemag.org).

PAUSTIAN, K., PARTON, W.J., PERSSON, J., 1992. Modeling soil organic matter in organic-amended and nitrogen-fertilized long-term plots. Soil Science Society American Journal, 56: 476-488.

LAL, R., 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. Soil and Tillage Research, 43: 81-107.

OLDEMAN, L.R., HAKKELING, R.T.A., SOMBROEK, W.G., 1991. World map of human-induced soil degradation. An explanatory note, 2nd edition. United Nations Environment Programme, Nairobi.

OLSEN, G.W., 1981. Archaeology: Lessons on future soil use. Journal of Soil and Water Conservation, 36: 261-264.

ROBERTS, J.M., 1993. History of the world. Oxford, ed. Helicon, 598 p.

SÁ, J.C.M., 1993. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Fundação ABC, Castro, Paraná, Brasil. 96 p.

SANCHEZ, P.A., PARRY, M.L., 2001. Turning up the heat: How will agriculture weather global climate change?, pp: 116-123. *In*: International Food Policy Research Institute, Sustainable Food Security for All by 2020: Proceedings of an International Conference, September 4-6, Bonn, Germany (Washington, DC: IFPRI, 2002).

SANCHEZ, P.A., SWAMINATHAN, M.S., 2005. Cutting world hunger in half. Science, 307: 357-359 (www.sciencemag.org).

SILVA, J. E., LEMAINSKI, J., RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região do oeste baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 18: 541-547.

SISTI, C.P.J., SANTOS, H.P., KOCHHANN, R., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M., 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional and zero tillage in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 76: 39-58.

STOCKING, M.A., 2003. Tropical soils and food security: The next 50 years. *Science*, 302: 1356-1359 (www.sciencemag.org).

STUDDERT, G.A., ECHEVERRÍA, H.E., CASANOVAS, E.M., 1997. Crop pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. *Soil Science Society American Journal*, 61: 1466-1472.

URQUIAGA, S., ZAPATA, F., 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre, Ed. Gênesis. 110 p.

URQUIAGA, S., JANTALIA, C.P.J., SANTOS, ALVES, B.J.R., BODDEY, R.M., 2004. Importancia de la FBN en el secuestro de carbono en el suelo y en la sustentabilidad agrícola, pp: 1-11. *In*: M.A.M. de Azconegui, I.E. García de Salamote, S.S. Miyazaki, *Biología del Suelo: Transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos*. Buenos Aires: editorial Facultad Agronomía.

URQUIAGA, S., SISTI, C.P.J., SANTOS, H.P. DOS, KOCHHANN, R., ALVES, B.J.R., BODDEY, R.M., 2002. Influence of crop rotation and soil tillage system in the organic C balance in an Oxisol (Typic Haplorthox). *In*: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science. Bangkok, Thailandia.

VERSTEEG, M.N., AMADJI, F., ETEKA, A., GOGAN, A., KOUDOKPON, V., 1998. Farmers' adoptability of mucuna fallowing and agroforestry technologies in the coastal savanna of Benin. *Agricultural Systems*, 56 (3): 269-287.

NEW HORIZONS FOR THE SUSTAINABLE USE OF SOILS AND LAND: ACTIONS NEEDED AT THE INTERNATIONAL AND NATIONAL LEVELS

Hans Hurni

Centre for Development and Environment, University of Berne, Steigerhübelstrasse 3, 3008 Berne, Switzerland. (hans.hurni@cde.unibe.ch)

This presentation is a conceptual contribution to sustainable soil and land management and an assessment of the potential benefits of action at the national and international levels. It has been derived from theory and participatory workshops involving international and interdisciplinary specialists.

The term ‘Sustainable use of soils and land’ is a new paradigm developed as a framework for inducing action by stakeholders at multiple levels, from land users to administrative, industrial and political levels. A first paradigm shift moved from technical to social, economic and political solutions. Another paradigm shift involved the realisation that even at the national and international levels, stakeholders have an important role to play. The major challenge faced today is that the cumulative effect of numerous small degradation processes at the local level amount to a global threat. Hence national governments are confronted with the need to support farmers in the actions they take to combat land degradation, because the society, including the directly affected populations, will otherwise have to bear the costs of widespread destruction of this vital natural resource.

The need for a multi-level and multi-stakeholder approach opens ‘new horizons’ for international and national action. For example, at the 17th World Congress of Soil Sciences (WCSS) of the International Union of Soil Sciences (IUSS) held in Bangkok in August 2002, the IUSS General Assembly endorsed a ‘World Soils Agenda’, based on a discussion of international actions for the sustainable use of soils. This initiative was launched by the IUSS Working Group ‘IASUS: International Actions for the Sustainable Use of Soils’, drawing upon the expertise of a core group of scientists and policy-makers concerned about sustainable land management (SLM, cf. Hurni and Meyer, eds, 2002).

The World Soils Agenda addresses three major themes, and formulates tasks for institutions concerned with policy, research and implementation at national and international levels. The first theme is ‘science, monitoring and evaluation’, where the need for a reassessment of soil and land degradation, the definition of impact indicators, and principles of SLM are specified. The second theme relates to

‘policy guidance’, where a network for addressing soil issues is proposed, ideas for an international panel developed, and support for national soil policies called for. Finally, the third theme relates to ‘implementation support’, i.e. SLM programmes, development cooperation strategies, and national institutions in all countries.

In a follow-up activity at the Eurosoil Congress in Freiburg in September 2004, IASUS developed further mechanisms to enhance policy efficiency at the international level, including the proposal to establish a ‘World Soils Council’, whose main task will be to effectively influence international policy- and decision-making.

REFERENCE

HURNI, H. and MEYER, K. (eds). 2002. A World Soils Agenda. Discussing International Actions for the Sustainable Use of Soils. Prepared with the support of an international group of specialists of the IASUS Working Group of the International Union of Soil Sciences (IUSS). Centre for Development and Environment, Berne, 63 p.

SIMPOSIO

**TÉCNICAS ISOTÓPICAS EN LAS CIENCIAS
DEL SUELO**

DETERMINACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO (%) Y $\delta^{13}\text{C}$ (‰) EN UN TYPIC PALEUDULT (ULTISOL) DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA.

Inés Pino N.⁽¹⁾, Juan Luis Rouanet M.⁽²⁾, Ana María Parada C.⁽¹⁾, Ximena Videla C.⁽¹⁾, Adriana Nario M.⁽¹⁾ y Paulina Schuller L.⁽³⁾

¹ Comisión Chilena de Energía Nuclear. Av. Nueva Bilbao 12501, La Reina. Santiago, Chile. (ipino@cchen.cl)

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Carillanca. Casilla 58 D. Temuco, Chile.

³ Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.

RESUMEN

El uso de técnicas isotópicas ha resultado de gran utilidad para cuantificar la cantidad y naturaleza del C orgánico (CO) y del N que se acumulan en los suelos anualmente. En igual forma ha permitido establecer las tasas de descomposición de sustratos simples y complejos en condiciones naturales o controladas, por períodos prolongados después que el sustrato inicial ya se ha metabolizado. La relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ se mide como $\delta^{13}\text{C}$. Las especies C_4 tales como maíz tienen un valor de $\delta^{13}\text{C}$ de aproximadamente -12‰, mientras que en las especies C_3 tales como trigo y arroz tienen un valor aproximado de -26‰. El $\delta^{13}\text{C}$ de la materia orgánica del suelo (MOS) se relaciona con el tipo de cultivo existente y por lo tanto el cambio de vegetación C_3 a C_4 , se verá reflejado en una modificación de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de la MOS. Este principio ha sido usado entre otros por Balesdent, Mariotti and Guillet y Accoe *et al.* para investigar cambios en la MOS y su cuantificación. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el CO y el delta ^{13}C en un suelo Serie Metrenco perteneciente a la familia fina, mixta, mésica de los Typic Paleudult (ultisol) de la IX Región de Chile. Los análisis de $\delta^{13}\text{C}$ se realizaron en un espectrómetro de masas (OPTIMA) en los Laboratorios de Seibersdorf, Viena, Austria. Los análisis de CO y el fraccionamiento por tamaño de partículas se realizaron en la Sección Agricultura de la CCHEN. La investigación consistió en estudiar el contenido de CO y la señal del $\delta^{13}\text{C}$ en un transecto en el sentido de la pendiente en tres calicatas (superior, media e inferior) bajo un sistema de manejo tradicional, durante los últimos 50 años con quema de residuos y verificar la presencia o ausencia de plantas C_4 en la rotación. Los resultados mostraron un fuerte decrecimiento en el contenido de CO en los primeros cm del suelo y un enriquecimiento en el $\delta^{13}\text{C}$ en profundidad, indicando con ello un aumento del ^{12}C en profundidad, especialmente en la fracción <50 μm la cual contiene además la mayor proporción de CO del suelo. Estos resultados indican la ausencia de plantas C_4 en la rotación y un elevado % de CO en la fracción recalcitrante.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto CHI/5/021 y a Dr. Felipe Zapata F.

PALABRAS CLAVES: carbono orgánico, delta carbono, ultisol

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO TOTAL Y LA ABUNDANCIA NATURAL DE ^{13}C EN LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO, BAJO DIFERENTES MANEJOS DE RESIDUOS EN LA VIII REGIÓN DE CHILE.

Erick Zagal V. y Soledad Espinoza T.

U. de Concepción, Fac. Agronomía. Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillán, Chile (ezagal@udec.cl).

RESUMEN

Las transformaciones del carbono (C) orgánico asociado a la formación del humus y mineralización, muestran ligeras variaciones en la abundancia natural de ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$) asociadas con la descomposición microbiana, que pueden inducir a un enriquecimiento gradual en la materia orgánica del suelo (MOS) residual. El objetivo de este estudio fue investigar la dinámica de la descomposición de la MOS a través de la variación del contenido de C total (Ct) y $\delta^{13}\text{C}$ y sus relaciones en el perfil del suelo, a 4 años con diferentes manejos de residuos. Se realizaron 2 calicatas por Serie de suelo: Collipulli (*muy fino, halloysítico, mesico Xeric Paleumults*) y Sta. Bárbara (*medial, amórfico, mesico Typic Haploxerands*) y tratamiento (manejo y quema total de residuos de plantas C_3). Se obtuvieron muestras de 2 caras de la calicata en intervalos de 5 cm desde 0 a 50 cm, y luego de 10 cm de los 50 cm hasta 1 m de profundidad y se determinó el Ct y $\delta^{13}\text{C}$ en el perfil. Además, se caracterizó de 0-20 cm las distintas fracciones de la MOS (fraccionamiento físico) utilizando los mismos parámetros anteriores. El Ct fue determinado por combustión seca y $\delta^{13}\text{C}$ por espectrometría de masa. Los resultados obtenidos para ambos suelos, presentaron la misma tendencia, donde Ct decrece a medida que incrementa la profundidad y gradualmente aumenta $\delta^{13}\text{C}$ en el perfil. En la Serie Sta. Bárbara no hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) para Ct entre tratamientos. Collipulli mostró un contenido significativamente mayor de Ct en el tratamiento con quema que con residuos. Independiente de la Serie de suelo, se incrementó a través del perfil la señal de $\delta^{13}\text{C}$, significativamente (alrededor de 1‰) para los tratamientos con residuos, comparados con los de quema. Con respecto a los valores observados en el fraccionamiento físico, independiente de la profundidad, el mayor valor de Ct se localizó en la fracción $>212\mu\text{m}$, donde se encuentra el material orgánico particulado (fracción ligera de MOS). Sin embargo, se produjo un incremento en la señal $\delta^{13}\text{C}$ en las fracciones intermedias ($212 < >53\mu\text{m}$) y más finas ($<53\mu\text{m}$). En esta última se encontraron los valores $\delta^{13}\text{C}$ más altos (-25 ‰). Según los resultados observados en ambas Series, el uso de la señal $\delta^{13}\text{C}$ demostró que existen efectos positivos en el corto plazo del manejo de residuos por sobre el tratamiento con quema, tanto en los valores encontrados para todo el suelo como en las distintas fracciones aisladas.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto CHI/5/021

PALABRAS CLAVES: fraccionamiento físico, suelos volcánicos, plantas C_3 .

EFFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO SOBRE LA MINERALIZACIÓN E INMOVILIZACIÓN DE NITRÓGENO

Lucía Leiva B.⁽²⁾, Ximena Videla C.⁽¹⁾, Walter Luzio L.⁽²⁾, Inés Pino N.⁽¹⁾.

¹Sección Agricultura, Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN). Avenida Nueva Bilbao 12501, Las Condes, Casilla 188-D, Santiago, Chile.(xvidela@cchen.cl)

²Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile.

RESUMEN

La descomposición de la materia orgánica en el suelo, asociada a la dinámica de mineralización e inmovilización del N, son procesos claves en el sistema suelo – planta. Hipotéticamente los diferentes sistemas de manejo tienen una influencia significativa sobre estos procesos. Para estudiar el efecto de los sistemas de manejo sobre la mineralización e inmovilización del N, se realizaron ensayos de laboratorio en muestras del horizonte superficial del suelo de la Serie Metrenco miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Typic Paleudults, bajo dos sistemas de manejo, cero labranza sin quema (CL) y tradicional con quema de residuo (T). La investigación se realizó antes y después de barbecho teniendo como precultivo avena y a la cosecha de un cultivo de trigo var. Kumpa. Para ello las muestras se incubaron a 15 °C y con un contenido de agua de un 85% de su capacidad de campo. Usando la técnica de dilución isotópica ¹⁵N y procedimientos de imagen de espejo, se determinó la tasa bruta de mineralización y nitrificación, tanto como la inmovilización del nitrógeno. Las tasas de mineralización después de un año fueron mayores en el suelo bajo CL y las de nitrificación bruta fueron mayores en el suelo bajo T. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la nitrificación directa entre los dos sistemas de manejo. Sin embargo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la inmovilización del amonio entre los dos sistemas de labranza, siendo mayor la inmovilización en cero labranza. Las transformaciones de N variaron con el tipo de manejo.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto CHI/5/021

PALABRAS CLAVES: mineralización de N, imagen de espejo, ¹⁵N.

NITRÓGENO FERTILIZANTE RESIDUAL EN TRIGO EN UN ULTISOL DE LA IX REGIÓN

Juan Luis Rouanet M.⁽¹⁾, Inés Pino N.⁽²⁾, Adriana Nario M.⁽²⁾, Claudio Jobet F.⁽¹⁾, Ana María Parada V.⁽²⁾ y Ximena Videla L.⁽²⁾

¹. CRI Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Km 10 Camino Cajón-Vilcún, Casilla 58-D, Temuco, Chile. (jrouanet@inia.cl)

². Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN). Av. Nueva Bilbao 12501, La Reina, Santiago, Chile. (ipino@cchen.cl)

RESUMEN

El nitrógeno fertilizante residual en los suelos en el sistema de producción de trigo en la IX Región de Chile con un alto nivel de insumos y rendimiento, tiene implicancias tanto ambientales como en la economía de uso de fertilizantes. Este N residual en el suelo, no absorbido por la planta, puede lixiviar y contaminar con nitratos las aguas sub-superficiales o ser redistribuido por la erosión. La aplicación de las técnicas isotópicas, mediante la utilización de fertilizante marcado con ^{15}N , provee de información cuantitativa del destino de este nutriente en el sistema suelo-planta, de utilidad en la formulación de dosis basada en la eficiencia de uso de nitrógeno y relación beneficio/costo. Se realizó un experimento en el ultisol Metrenco (familia fina, mixta, mésica, Typic Paleudults) en la localidad de Pumalal. Se utilizó la variedad de trigo Kumpa, con un tratamiento control y cinco dosis de N aplicado como urea marcada con 10% at. exc. de ^{15}N , parcializado cuatro veces durante el ciclo de crecimiento del cultivo. En las muestras de grano y paja a cosecha en febrero, se determinó N total (Kjeldahl) y ^{15}N con un espectrómetro de emisión óptica. Previo a la siembra del cultivo precedente, mes de mayo, se muestreó el suelo con un barreno de 3 cm de diámetro (0-20; 20-40 y 40-60 cm de profundidad). Las muestras fueron secadas al aire, tamizadas y sometidas a análisis de N total y ^{15}N por espectrometría de emisión óptica. Los parámetros determinados fueron: N total (%), ^{15}N at. exc. (%) para cada estrata, procediendo al cálculo de recuperación del N fertilizante en el sistema suelo-planta y su residualidad en el perfil del suelo. La respuesta en rendimiento del trigo se relacionó mediante un modelo cúbico con la aplicación de dosis de nitrógeno ($R^2=0,75$). El rendimiento mayor en grano, 9,8 Mg ha⁻¹, se obtuvo con 197 kg ha⁻¹ de N, tratamiento con 45% de recuperación de ^{15}N en el grano. Aunque la recuperación de ^{15}N en suelo+planta fue alta (>88%), en el suelo quedó 32- 60% como residual, sin haber sido utilizado por la planta durante el ciclo de crecimiento. Se estimó que 27-54% del ^{15}N residual total en el suelo se encontró en la estrata 0-20 cm, fracción que puede preferentemente redistribuirse por la erosión, con implicancias en la economía de uso de fertilizante. Se estimó que 4 - 12% del N agregado como fertilizante no fue recuperado, indicando pérdidas adicionales de éste para su utilización por el cultivo precedente en la rotación.

PALABRAS CLAVES: técnicas isotópicas, N residual, sistema suelo-planta

USO DE ^{137}Cs COMO TRAZADOR EN CUANTIFICACIÓN DE CAMBIOS EN TASAS DE REDISTRIBUCIÓN DE SUELO DEBIDO A LA IMPLEMENTACIÓN DE CERO LABRANZA

Alejandra Sepúlveda V.⁽¹⁾, Paulina Schuller L.⁽²⁾, Desmond E. Walling ⁽³⁾, Alejandra Castillo S.⁽²⁾, Juan Luis Rouanet M.⁽⁴⁾ e Inés Pino N.⁽⁵⁾

^{1.} Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad Católica de Temuco. Manuel Montt 56, Casilla 15-D, Temuco, Chile. (asepulve@uct.cl)

^{2.} Inst. de Física, Univ. Austral de Chile. Campus Isla Teja, Casilla 567, Valdivia (pschulle@uach.cl)

^{3.} Department of Geography, University of Exeter, Armory Building, Rennes Drive, Exeter EX4 4RJ, UK. (D.E.Walling@exeter.ac.uk)

^{4.} Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Carillanca. Casilla 58-D, Temuco.

^{5.} Comisión Chilena de Energía Nuclear, Unidad de Agricultura. Casilla 188-D, Santiago, Chile. (ipino@cchen.cl)

RESUMEN

Para evaluar retrospectivamente el cambio en tasas de redistribución del suelo y su distribución espacial asociadas al cambio en las prácticas de manejo de éste, desde labranza tradicional (LT) a cero labranza (CL), se diseñaron modelos matemáticos basados en el uso del radionucleido ambiental ^{137}Cs ($T_m=30a$) como trazador. El sitio de estudio, de superficie 0,5 ha, está situado en un predio agrícola ubicado cerca de Carahue, IX Región ($38^{\circ}37'S$ $73^{\circ}04'O$) y el suelo pertenece a la Serie Araucano (Typic Hapludult). Los periodos abarcados por el estudio son de aproximadamente 32 a para labranza tradicional y 17 a para cero labranza. El método estándar se basa en la observación de la distribución vertical del ^{137}Cs en el suelo para determinar los parámetros profundidad másica histórica de arado (H , kg m^{-2}) en un sitio de referencia sometido permanentemente a LT y profundidad másica a la cual el ^{137}Cs se encuentra distribuido uniformemente en el perfil del suelo (h , kg m^{-2}) en los puntos a ser analizados. El método simplificado, basado en el anterior, permite extender la evaluación de tasas de redistribución de suelo a un área mayor, y por lo tanto más representativa, realizando sólo 2 mediciones de la concentración de ^{137}Cs en cada punto. Mediante la combinación de ambos métodos se analizó la redistribución de suelo a lo largo de 4 transectos de pendiente, situados en la zona en que se estima estuvo afectada a erosión durante el periodo de LT. De acuerdo a los resultados obtenidos, la tasa neta de erosión durante el periodo de CL decreció en 80% respecto a la estimada para el periodo de LT. Además, la superficie afectada a pérdida de suelo se redujo de un 100 a un 50% y la tasa de pérdida de sedimentos de un 100 a un 25% como respuesta al cambio de manejo. Se sostiene que los modelos desarrollados permiten obtener información relevante para la evaluación de la efectividad de la aplicación de CL en conservación del recurso suelo a escala predial.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto CHI/5/022 (SAG, CCHEN, U.Chile, INIA) y ANASAC

PALABRAS CLAVES: ^{137}Cs , cero labranza, redistribución de suelo

VENTAJAS DEL ^7Be COMO TRAZADOR NATURAL PARA ESTIMAR LA REDISTRIBUCION DEL SUELO LUEGO DE LA COSECHA A TALA RASA DE PLANTACIONES FORESTALES

Paulina Schuller L.⁽²⁾, Andrés Iroumé A. ⁽²⁾, Boris Mancilla B. ⁽²⁾ y Alejandra Castillo S.⁽¹⁾

¹. *Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile. (pschulle@uach.cl)*

². *Instituto de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile (airoume@uach.cl)*

RESUMEN

En Chile deben perfeccionarse las técnicas de diagnóstico de la erosión y sedimentación asociadas a operaciones de cosecha forestal a tala rasa, con el objeto de asesorar en forma rápida y confiable la implementación y optimización de prácticas de conservación de los recursos suelo y agua. Con este objetivo se estudió la aplicabilidad del radionucleido cosmogénico ^7Be ($T_m = 53$ d) como trazador en la evaluación de la redistribución del suelo y su distribución espacial en un sitio sometido a cosecha forestal a tala rasa, situado en la X Región ($30^{\circ}44'7''\text{S}$ $73^{\circ}10'39''\text{W}$), en que los residuos forestales se arrumaron en curvas de nivel separadas por ~ 50 m. La precipitación media del lugar es de 2.300 mm a^{-1} , la pendiente de 22° y el suelo un Andic Dystrochrept. Entre agosto y septiembre del 2003 ocurrió un episodio de lluvias altamente erosivas (con tres eventos de intensidad mayor a $12,7 \text{ mm h}^{-1}$) que afectó a los suelos aún descubiertos de vegetación. Inmediatamente después de este episodio, se colectó 40 muestras de suelo superficial a lo largo de cuatro transectos de pendiente de 10 m cada uno, desde una grilla de $0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, en una ladera situada entre dos rumas consecutivas de residuos forestales. A partir del inventario y la profundidad de relajación de ^7Be medido en un sitio de referencia y del inventario a lo largo de los transectos, se estimó una erosión neta de $0,43 \pm 0,05 \text{ kg m}^{-2}$, bruta de $0,64 \text{ kg m}^{-2}$ y una razón de pérdida de sedimentos del 66% desde el área estudiada. Simultáneamente, se midió la redistribución de suelo en 30 puntos en una grilla de $0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ superpuesta a la anterior, utilizando clavos de erosión, determinándose una erosión neta de $0,30 \pm 0,07 \text{ kg m}^{-2}$, bruta de $0,71 \text{ kg m}^{-2}$ y razón de pérdida de sedimentos de 42% desde un área que representa el 75% de la estudiada utilizando ^7Be . Se discute las ventajas del método de ^7Be sobre otros métodos tradicionales para evaluar la redistribución de suelo asociada a eventos erosivos en el período de post-cosecha de bosques y los alcances de los resultados obtenidos en el contexto de la práctica de arrumado de residuos forestales.

AGRADECIMIENTOS: OIEA CHI-1232, DID-UACH

PALABRAS CLAVES: ^7Be , redistribución de suelo, cosecha de bosques a tala rasa

ESTUDIO DE SORCIÓN DE ^{14}C -CLORPIRIFOS EN DOS SUELOS DE LA VI REGIÓN, UTILIZANDO TÉCNICAS ISOTÓPICAS.

Oscar Moll S.⁽²⁾, Dennisse Potenza M.⁽²⁾, Adriana Nario M.⁽¹⁾, Walter Luzio L.⁽²⁾, Inés Pino N.⁽¹⁾, Ana María Parada C.⁽¹⁾, M. Adriana Carrasco R.⁽²⁾

^{1.} Sección Agricultura, Comisión Chilena de Energía Nuclear. Av. Nueva Bilbao 12501, Las Condes, Casilla 188-D, Santiago, Chile. (anario@cchen.cl)

^{2.} Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile

RESUMEN

La sorción de un plaguicida por el suelo, es uno de los factores determinantes en la movilidad de éste por el perfil del suelo y la potencial contaminación de napas de agua subterráneas. El insecticida clorpirifos (CLP) es utilizado en el control de numerosos insectos representando el 41% del volumen total comercializado en la VI Región de Chile. Así, con el fin de estudiar el comportamiento de CLP frente a su potencial lixiviación, se realizaron estudios de sorción en los horizontes superficiales de dos suelos, Serie O'Higgins (S_1) y Serie Rancagua (S_2), de la *Familia Fluventic Haploxerolls*, ubicados en la VI Región de Chile. Para ello, se agregó a muestras de suelo una solución de CaCl_2 0,01 M con diferentes concentraciones de ^{14}C -CLP. Para el suelo S_1 el tiempo de equilibrio se obtuvo a las 24 h y a las 6 h para S_2 , ajustando los datos a la isoterma de Freundlich, donde el coeficiente de distribución K_d fue de 32,4 mL g^{-1} y 67,25 mL g^{-1} para S_1 y S_2 , respectivamente. Este K_d normalizado al 100% del contenido del carbono orgánico (K_{co}) del suelo fue de 1.140 mL g^{-1} y 2.690 mL g^{-1} para S_1 y S_2 , respectivamente. Por el carácter apolar del CLP y su afinidad con la materia orgánica, ambos suelos presentan una elevada sorción del producto, siendo baja o nula su movilidad dentro del perfil de suelo, presentando una baja potencialidad de contaminación de aguas subterráneas. Esta información se ve complementada con estudios de biodegradación y vida media del CLP para caracterizar el comportamiento de este producto bajo las condiciones establecidas.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto CHI/5/022 (SAG, CCHEN, U.Chile, INIA) y ANASAC

PALABRAS CLAVES: sorción, clorpirifos, ^{14}C

BIODEGRADACIÓN DE ^{14}C -CLORPIRIFOS EN DOS SUELOS DE LA VI REGIÓN, UTILIZANDO TÉCNICAS ISOTÓPICAS.

Dennisse Potenza M.⁽²⁾, Oscar Moll S.⁽²⁾, Adriana Nario M.⁽¹⁾, Walter Luzio L.⁽²⁾, Inés Pino N.⁽¹⁾, Ana María Parada C.⁽¹⁾, M. Adriana Carrasco R.⁽²⁾

¹. Sección Agricultura, Comisión Chilena de Energía Nuclear. Av. Nueva Bilbao 12501, Las Condes, Casilla 188-D, Santiago, Chile. (anario@cchen.cl)

². Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile.

RESUMEN

La actividad microbiana es responsable de la biodegradación de los plaguicidas, generando diferentes moléculas o metabolitos no siempre deseadas en el medio ambiente. La dinámica de la biodegradación del producto depende de factores ambientales (temperatura, humedad), de las características de los suelos (contenidos de materia orgánica y arcillas, pH) y de características propias de los plaguicidas (tipo de moléculas, coeficiente de sorción, etc). La biodegradación del plaguicida puede o no ser total, donde según su naturaleza los productos o metabolitos quedan ligados o adsorbidos a las partículas de suelo, prolongando la acción controladora. En otros casos, los productos de la degradación son lixiviados a napas de agua subterráneas generando potenciales contaminaciones de las aguas. El insecticida clorpirifos (CLP) es ampliamente utilizado para el control de numerosos insectos en diferentes cultivos, además representa el 41% del volumen total comercializado en la VI Región de Chile. Con el fin de estudiar el comportamiento de CLP frente a la biodegradación, se determinó y comparó las tasas de la actividad microbiana sobre la degradación del CLP en los horizontes superficiales de 2 suelos (Serie O'Higgins (S_1) y Serie Rancagua (S_2), de la *Familia Fluventic Haploxerolls*) productivos de la VI Región de Chile. Para ello, se fortificó e incubó el suelo con ^{14}C -CLP, a 20°C y 75% del contenido de agua a 33kPa, por 69 y 57 días para S_1 y S_2 , respectivamente. Si bien dentro de la primera semana de incubación se degrada más del 23% del producto en ambos suelos, sólo el 50% de la biodegradación se obtiene a los 40 días para S_1 y a los 24 días para S_2 . En ambos suelos se observa una disminución de los residuos totales y extraíbles, aumentando los residuos ligados hasta un 22% a los 24 días para S_1 y de 33% a los 42 días para S_2 . Si se asume el valor del 50% de la biodegradación como la $t_{1/2}$ del producto, se obtiene un valor del índice de GUS de 1,38 para S_1 y de 0,79 para S_2 , ambos indican la poca movilidad del producto dentro del perfil de suelo y su baja potencialidad de contaminación de aguas subterráneas. Otros estudios relativos a establecer los grados de sorción y vida media del CLP deben ser estudiados para caracterizar el comportamiento de este producto con el fin de establecer condiciones de manejo de cultivos adecuado.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto CHI/5/022 (SAG, CCHEN, U.Chile, INIA) y ANASAC

PALABRAS CLAVES: biodegradación, clorpirifos, ^{14}C .

SIMPOSIO

RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS

UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE INCENTIVOS A LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS (SIRDS) EN UN PROYECTO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN EL SECANO INTERIOR DE CHILE

Claudio Pérez C.⁽¹⁾, Carlos Ruíz S.⁽¹⁾, Mitzi Jeldres O.⁽²⁾

^{1.} CRI Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Vicente Méndez 515. Chillán (cperez@inia.cl) (cruiz@inia.cl)

^{2.} INDAP Area Quirihue. Ortiz de Rozas 765 Quirihue, VIII Región (mjeldres@indap.cl)

RESUMEN

Producto de un acuerdo de cooperación internacional entre los gobiernos de Chile y Japón, se está desarrollando el proyecto *Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo* (CADEPA) en el secano mediterráneo de Chile, en la comuna de Ninhue, VIII Región. Dicha iniciativa la ejecutan INIA Quilamapu y la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA). Con este proyecto han cooperado diversas instituciones del Ministerio de Agricultura de Chile, como la SEREMI de Agricultura de la VIII Región, INDAP, CONAF, CNR, FNDR Gobierno Regional del Bío Bío, I. Municipalidad de Ninhue y Junta de Vecinos de San José. El proyecto CADEPA tiene como objetivo principal el mejorar la calidad de vida de los habitantes del Secano de Chile mediante el manejo integral de las cuencas hidrográficas, la promoción de prácticas y tecnologías conservacionistas de manejo de suelo y el uso eficiente de los escasos recursos hídricos, con la participación activa de los productores. La primera etapa se desarrolló entre marzo de 2000 y febrero de 2005. Una segunda etapa se desarrolla hasta febrero de 2007. Para alcanzar los objetivos, se siguen 2 ejes fundamentales: i) validación de las tecnologías propuestas por INIA en la Parcela Experimental del Proyecto CADEPA (PECA), y ii) implementación de estas prácticas en los predios de los 100 agricultores que habitan en la Cuenca de San José. Así, los productores se benefician de los resultados de proyecto utilizando los instrumentos de fomento que dispone el Estado a través de INDAP y CONAF, principalmente. Simultáneamente el uso de estos instrumentos asegura la sustentabilidad del proyecto una vez finalizada la cooperación. De esta manera, los productores apoyado por el SIRSD recibieron incentivos por MM\$ 8, 16, 54, 54.5 y 84 entre los años 2001 a 2005, respectivamente. Esto benefició a 22, 36, 70, 84 y 105 familias en el mismo período. Las principales prácticas utilizadas fueron: cero labranza, manejo de espinal, subsolado, abono verde, manejo de rastrojo, canales de desviación, microterrazas, cercos malla Ursus, diques de poste, corrección de P, limpia de matorral y despedrado. La adopción de tecnologías conservacionistas por los productores, unido al acceso a recursos económicos del Estado ha permitido importantes aumentos de producción en rubros tradicionales como trigo, arveja, lenteja, y avena.

PALABRAS CLAVES: secano interior, SIRDS, conservación de suelos.

MAPAS DE FERTILIDAD DE SUELOS DE LA IX REGION DE LA ARAUCANIA

Ricardo Campillo R.⁽¹⁾, Marcelino Claret M.⁽²⁾, Germán Ruíz C.⁽³⁾, Elías Araya S.⁽³⁾ y Angel Centron⁽⁴⁾

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI Carillanca, Temuco. (rcampill@inia.cl)

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI Quilamapu, Chillán. (mclaret@inia.cl)

³ Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Santiago. (german.ruiz@sag.gob.cl) (elias.araya@sag.gob.cl)

⁴ Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Temuco. (angel.centron@sag.gob.cl)

RESUMEN

A partir de 1.800 análisis de suelo del concurso SAG – SIRSD 2002 de la IX Región, se procesó la información analítica de: M.O., N inicial, pH-H₂O, P-Olsen, cationes de intercambio (Ca, Mg, K, Na y Al) y CICE. La información analítica permitió generar una distribución porcentual de ocurrencia de casos para cada uno de los parámetros químicos. Para generar los mapas de fertilidad se utilizó la información georeferenciada de los puntos de muestreo. La cobertura resultante fue exportada a un Sistema de Información Geográfica y mediante su módulo de análisis espacial se hizo la interpolación de cada uno de los parámetros químicos de los puntos de muestreo. El método utilizado para la interpolación fue Distancia Inversa. Los suelos varían de fuertemente ácidos a ligeramente ácidos y el 43% tiene pH-H₂O $\leq 5,5$. Los contenidos de M.O. son fluctuantes y el 58% tiene M.O. $\leq 12\%$. El P-Olsen es bajo, ≤ 12 mg kg⁻¹ en el 94% de los suelos. La suma de bases es $\leq 6,0$ cmol₍₊₎ kg⁻¹ en el 71% de los suelos. La concentración de los cationes de intercambio sigue el orden: Ca > Mg > K > Al > Na. En general, los niveles de fertilidad de Ca son bajos ($\leq 5,0$ cmol₍₊₎ kg⁻¹ en el 79% de los suelos) y los de Mg y K adecuados. La saturación de Al de la CICE es $\geq 5\%$ de saturación en el 52% de los suelos. Los mapas de fertilidad muestran una deficiencia generalizada de P disponible, constituyendo una de las principales limitaciones nutricionales. También se observa un deterioro importante de la suma de bases, principalmente Ca de intercambio, con variaciones a nivel comunal. Se observan limitaciones importantes de Al intercambiable y saturación de Al en comunas y áreas específicas de la IX Región.

PALABRAS CLAVES: mapas fertilidad, suelos ácidos, saturación de aluminio, fósforo, bases intercambio

CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN EN CAMELLONES A FAVOR DE PENDIENTE PARA EL CULTIVO FRUTAL DE LADERAS EN EL VALLE DE QUILLOTA, V REGIÓN, CHILE

Cristián Youlton M. y Marco Cisternas V.

Área Medio Ambiente, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. San Francisco s/n, La Palma, Casilla 4D, Quillota, V Región. (cristian.youlton.m@mail.ucv.cl)

RESUMEN

Durante la última década se ha extendido el cultivo del palto (*Persea americana*) debido a su alta rentabilidad. Esta expansión ha llevado a utilizar suelos marginales de laderas de cerros, tradicionalmente considerados no aptos para el cultivo, implementando metodologías para aumentar la profundidad del suelo y evacuar rápidamente el agua lluvia, evitando la saturación del suelo que produce asfixia radical. La metodología más utilizada es el camellón a favor de pendiente, ampliamente cuestionado debido a la erosión que se produciría al exponer suelo desnudo y disgregado al bombardeo de las lluvias y encauzar la escorrentía en el entrecamellón. Sin embargo, en la actualidad no existen estudios que cuantifiquen el efecto sobre el suelo que genera el establecimiento de camellones a favor de la pendiente. Ante este desconocimiento es imposible afirmar la existencia de erosión y su magnitud. La carencia de esta evaluación impide establecer la viabilidad ambiental de esta práctica, como también la necesidad de establecer medidas de mitigación o control. Para determinar los montos de erosión y escorrentía generados en camellones a favor de pendiente, se establecieron dos parcelas de escorrentía, una con camellones desnudos recién construidos y otra área control, con vegetación nativa, realizando mediciones tras cada lluvia durante los meses de invierno del 2004. Los resultados obtenidos demuestran una pérdida de suelo desde los camellones cercana a 650 veces más respecto de un área inalterada y cubierta con vegetación natural, con valores de 19,4 y 0,03 toneladas por hectárea, respectivamente. La pérdida de suelo en camellones durante el periodo medido equivale a la remoción de una capa homogénea de 1,2 cm. Respecto de la escorrentía, esta se incrementa 90 veces en el área con camellones respecto de un área sin intervención, con valores de 340 y 4 m³ ha⁻¹, respectivamente. De las precipitaciones registradas, sólo las mayores a 12,2 mm produjeron escorrentía, concentrándose estos eventos en los meses de julio y agosto. Los mayores efectos se vieron registrados en una sola lluvia, de alta precipitación y duración.

PALABRAS CLAVES: erosión, camellones a favor de pendiente, plantaciones en laderas

EVALUACIÓN DE ENMIENDAS CALCÁREAS: GRANULOMETRÍA Y REACTIVIDAD

Domingo Suárez F.⁽¹⁾, Fernando Ramírez R.⁽¹⁾, Dante Pinochet T.⁽¹⁾ y Germán Ruiz C.⁽²⁾

^{1.} *Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567 Valdivia, Chile (domingosuarez@uach.cl)*

^{2.} *Servicio Agrícola y Ganadero*

RESUMEN

El mercado nacional de enmiendas calcáreas ha experimentado incrementos tanto en el volumen como el número de productos. Sin embargo, no existe información suficiente para evaluar los productos alternativos. Actualmente la única información común existente es el CCE, es decir el valor neutralizante potencial de las enmiendas. Por lo tanto es necesario disponer del Valor Neutralizante Efectivo (VNE) como medida de calidad agronómica de los productos. Este parámetro considera además, los Índices de Reactividad (IR) dados por la granulometría

$$\text{VNE} = \text{CCE} \times \sum (\% \text{R}_{\text{Mi}} \times \text{IR}_{\text{i}})$$

En el país no se dispone de valores de IR para diferentes tamaños de partículas. Los IR foráneos no resultan adecuados a nuestras condiciones debido a que están orientados al encalado de mantención y no al de corrección y además, no incluyen los rangos de mallajes dominantes en las enmiendas calcáreas del mercado nacional. Para calcular los IR de las cales nacionales se utilizó una caliza de alto y uniforme CCE, fraccionada en rangos de: 8-12, 12-16, 16-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70, 70-100, 100-140, 140-200 y 200-270 mesh. Para medir la reactividades se adicionó 5000 ppm de cada fracción a 250 g de suelo humedecido a capacidad de campo (serie Valdivia) y se incubaron por 128 días. Se incluyó un testigo (suelo sin adición de caliza). Los tratamientos se hicieron en triplicado. Posteriormente se midió el pH (0,01 M CaCl₂) al cabo de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128 días. La reactividad corresponde al incremento del pH. Los IR corresponden al porcentaje del incremento máximo alcanzado por cada fracción en el tiempo. Los resultados evidencian la necesidad de diferenciar los IR según sea el objetivo del encalado (mantención o corrección). La utilización de un rango amplio de IR (8 a 270 mesh) resulta ventajoso frente a los valores extranjeros (que consideran como rango más fino la fracción 50-100 mesh) para diferenciar el valor agronómico de los productos del mercado nacional mediante los VNE encontrados

PALABRAS CLAVES: enmiendas calcáreas, reactividad, granulometría

PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO CON MANEJO AGROFORESTAL Y COSECHA DE AGUA: SECANO INTERIOR, ZONA CENTRAL DE CHILE

Carolina Leiva M., Manuel Casanova P., Carlos Benavides Z., Wilfredo Vera E., Osvaldo Salazar G., Oscar Seguel S. y Walter Luzio L.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (mcasanov@uchile.cl)

RESUMEN

En una condición de secano semiárido de Chile central (33°28' LS - 70°50' LO) se evaluó, sobre la base de algunas propiedades químicas del suelo, el comportamiento de un sistema agroforestal (*Acacia saligna*/pradera anual) sustentado por un sistema de cosecha de agua. Los tratamientos fueron: T_(testigo), AE_(Agroforestería-Escurrimiento), A_(Agroforestería), AL_(Agroforestería-Labranza) y ALE_(Agroforestería-Labranza-Escurrimiento) en parcelas de 11x 15 m, cuyos 2/3 superiores constituyeron las áreas de escurrimiento (AE y ALE) hacia el tercio inferior cultivado, con y sin intervención mecánica inicial (L). Luego de siete años de establecido el sistema (1996) los resultados muestran significancia en variables de fertilidad. La concentración de aguas provenientes de las lluvias en determinadas áreas influyó en el crecimiento de *A. saligna* y análogamente en las propiedades químicas del suelo (M.O y contenidos totales de N y K). Respecto de una evaluación previa a esta investigación, realizada el año 2000, los contenidos de M.O del suelo aumentaron en un 55% en el tratamiento AE (a la profundidad de 30-40 cm). Los tratamientos ALE y AE tuvieron incrementos en los niveles de N_{total} (a la profundidad de 10-20 cm) de 27 y 44%, respectivamente. Por otro lado, se advirtió que los niveles de K_{total} disminuyeron en los primeros 30 cm de profundidad en el tratamiento AE. Las funciones de respuesta iniciales (2000) de *A. saligna* mostraron que N_{total} y K_{total} eran determinantes de su crecimiento; en esta investigación, en cambio, sólo los contenidos K_{total} (en el rango de 10-30 cm de profundidad) determinaron el crecimiento de *A. saligna*. Estos resultados dan cuenta que el incremento en biomasa aérea de *A. saligna* implicó, en estas condiciones de secano un uso más eficiente del agua, con un rol crítico del potasio en la economía de este recurso.

PALABRAS CLAVES: agroforestería, cosecha de agua, propiedades químicas de suelos, *Acacia saligna*.

CONFLICTO ENTRE GARANTÍAS CONSTITUCIONALES PARA LA CONSERVACIÓN DEL SUELO

Karin Escárate F.

Estudios Jurídicos E&S. Roca N° 1030, 2° Piso, Of. 3 (karfiesc@hotmail.com). Seremi de Salud XII Región. Lautaro Navarro 1228. Punta Arenas, Chile. (juridica@seremisaludmagallanes.cl)

RESUMEN

Siendo necesaria la elaboración y dictación de una ley sobre conservación de suelo, se aborda el tema de las limitaciones al derecho de propiedad, al entrar éste en conflicto con el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, a partir de las regulaciones que eventualmente contemplaría una ley de suelos, en base a la propuesta elaborada por CONAMA (2000). Así, se efectúa un análisis a las limitaciones que se establecerían al derecho de propiedad que recae sobre los suelos utilizados para fines silvoagropecuarios, para dar una respuesta a la interrogante de si ¿son constitucionales estas limitaciones?. Para tal efecto, se analiza el concepto de suelo, el alcance de los derechos a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y de propiedad, relacionándolos a través de la función ambiental del segundo; para luego hacer un análisis crítico del conflicto entre ambos derechos fundamentales, arribando a la conclusión que al menos una de las limitaciones que hasta el momento se han propuesto, es inconstitucional, al afectar la esencia del derecho de propiedad, en consideración al interés protegido, al romper el equilibrio que debe existir entre interés privado y social protegidos por el derecho de propiedad y por el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Las demás limitaciones propuestas por el proyecto de ley, tienden a proteger aún más el interés individual, del propietario del suelo; de modo que, el sacrificio privado, que consiste en ver disminuidas las prácticas de manejo que podría escoger y utilizar en sus suelos, es mínimo comparado con el hecho que el objeto de su derecho (el suelo) se ve protegido y con ello se hace aún más efectivo su derecho, al poder gozar del mismo de un modo más pleno. Luego, el beneficio social es consecuencial, toda vez que al estar protegido el suelo, y potenciar la explotación adecuada de los mismos de acuerdo a su propia naturaleza, se consigue que el patrimonio ambiental se conserve. De ahí, que hecha la ponderación de bienes jurídicos protegidos, tenemos que ambos se ven potenciados, uno directamente (interés individual) y otro consecuencialmente (interés social), siendo el sacrificio individual casi inexistente comparado con el plus que el mismo agrega el objeto sobre el cual ejerce el derecho (suelo). De modo que, las restricciones propuestas sin duda son proporcionales e idóneas desde este punto de vista para poder obtener una protección del suelo, en la medida que se escojan prácticas de manejo no degradantes.

PALABRAS CLAVES: ley de suelos de Chile, conflicto entre garantías constitucionales, derecho de propiedad.

CONTRIBUCIONES MODALIDAD ORAL

SISTEMAS DE LABRANZA EN EL SUDOESTE BONAERENSE: EFECTOS DE LARGO PLAZO SOBRE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS Y EL ESPACIO POROSO DEL SUELO

Juan Galantini S.⁽¹⁾; Julio Iglesias G.⁽²⁾, Carolina Maneiro F.⁽³⁾, Leandro Santiago⁽³⁾ y Cristian Kleine⁽³⁾

¹ Comisión Investigaciones Científicas (CIC) – CERZOS- Dpto. Agronomía, UNS, San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca. Correo electrónico (jgalanti@criba.edu.ar)

² Laboratorio de Humus (LAHBIS)-Departamento Agronomía UNS, Bahía Blanca

³. Ea. Cerro Naposta, Tornquist (BA).

RESUMEN

La frecuencia e intensidad de las labranzas altera la distribución de la MO y de los nutrientes, a la vez que modifica la estructura, la densidad aparente, la distribución del espacio poroso y la dinámica del agua. En el largo plazo, pueden afectar la sustentabilidad del sistema. Debido a la expansión de la siembra directa (SD) en los últimos años en Argentina y a la escasez de estudios de largo plazo se planteó el siguiente objetivo: evaluar los cambios a largo plazo debidos al sistema de labranza en la cantidad, distribución y calidad de las fracciones orgánicas del suelo, así como su relación con la distribución del espacio poroso. Se tomaron muestras a diferentes profundidades en un Argiudol típico del sur de la provincia de Buenos Aires (38° 07' 06" W; 62° 02' 17" S), mantenido durante 18 años con dos sistemas de labranza, SD y labranza convencional (LC). Se realizó un fraccionamiento físico por tamaño de partícula y se determinó la materia orgánica (MO) asociada a la fracción fina (0-0,1 mm, MO ligada al fracción mineral o MOM) y a la fracción gruesa (0,1-2 mm, MO particulada o MOP). Sobre muestras no disturbadas se determinó la curva de retención hídrica, calculándose: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, la capacidad de agua útil, la porosidad total y su distribución en diferentes tamaños. La SD presentó 15% más MO, produjo una estratificación de MOP, por acumulación superficial de los residuos, y un aumento de la MOM, resultado de una mayor humificación. La MOP en 0-20 cm fue semejante, pero su ubicación y calidad (relación C:N) fueron diferentes. La relación C:N de la MOP fue superior en LC, indicando que esta fracción es menos transformada y que su aporte de N durante el proceso de mineralización va a ser menor. Comparado con la SD, la LC produjo un incremento en la pérdida anual de suelo por erosión (11,7 Mg ha⁻¹) y de MO (600 kg ha⁻¹) y de N (33 kg ha⁻¹) por oxidación. Estas pérdidas comprometen el potencial productivo en el largo plazo. La LC aumentó la porosidad total y redujo la densidad aparente en los 0-10 cm, como consecuencia de la macroporosidad artificialmente generada por la labranza. Estas diferencias no modificaron la capacidad de retener agua útil para los cultivos entre sistemas.

PALABRAS CLAVES: propiedades edáficas, labranza, Región Pampeana

EFFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZA EN ALGUNOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE UN ULTISOL DE LA IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Paula Sepúlveda I.⁽¹⁾, Juan Luis Rouanet M.⁽²⁾ y Marysol Alvear Z.⁽¹⁾

^{1.} *Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera. Avenida Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D. Temuco. (paulasepulveda@chile.com; malvear@ufro.cl)*

^{2.} *Departamento de Recursos Naturales, Universidad de La Frontera. Avenida Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D. Temuco.*

RESUMEN

El empleo de prácticas de manejo intensivas como la labranza con inversión del suelo (LC) ha provocado un aumento de los procesos erosivos, lo cual se ha traducido en una reducción significativa de los niveles productivos. Como una forma de mitigar estos efectos, la cero labranza (CL) surge como una alternativa que contribuye a disminuir los niveles de erosión y a fomentar el reciclaje de nutrientes. Junto a esto, la utilización de herramientas útiles en el diagnóstico de calidad del suelo, como la actividad biológica, está tomando cada vez mayor importancia, principalmente por su capacidad de responder de manera más próxima a los cambios que ocurren dentro del perfil de este recurso. En este contexto, el siguiente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos sistemas de labranza (CL y LC), sobre algunos parámetros biológicos de un ultisol de la IX Región bajo la rotación lupino/trigo. Los parámetros medidos fueron el C y el N de la biomasa microbiana (CBM y NBM, respectivamente) y las actividades enzimáticas arilsulfatasa y fosfatasa ácida. Los resultados obtenidos para el CBM corresponden a 1.682 mg C kg⁻¹ bajo CL en comparación con 923 mg C kg⁻¹ en LC; en tanto que el NMB registró valores de 336 mg N kg⁻¹ para el sistema CL y 286 mg N kg⁻¹ para LC. Por su parte, las actividades enzimáticas mostraron los siguientes valores: actividad arilsulfatasa 0,70 y 0,21 µmoles de PNF g⁻¹ h⁻¹ bajo CL y LC respectivamente; mientras que en la actividad fosfatasa ácida se obtuvieron 64 y 53 µmoles de PNF g⁻¹ h⁻¹ en los sistemas CL y LC respectivamente. Según los resultados obtenidos, todos los parámetros biológicos evaluados demostraron tener mayores actividades bajo CL en comparación a LC. Por lo anterior, se concluye que los sistemas conservacionistas favorecen el desarrollo de las actividades biológicas, representando una alternativa sustentable del manejo del suelo que permite atenuar sus procesos degradativos contribuyendo a preservar la calidad de este recurso.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DIDUFRO 120316

PALABRAS CLAVES: calidad del suelo, actividad biológica, sistemas de labranza.

EFFECTO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO, SOBRE LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO, CARBONO Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA ASOCIADA EN EL CENTRO SUR DE CHILE.

Yéssica Rivas T.⁽¹⁾, Roberto Godoy B.⁽¹⁾, Carlos Oyarzún O.⁽²⁾ y Eduardo Valenzuela F.⁽²⁾

¹*Instituto de Botánica, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile, (fono: +56-63-221365; fax: +56-2-221313. (yessicarivas@uach.cl)*

²*Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.*

RESUMEN

Se determinó y comparó la tasa de mineralización nitrógeno (N), carbono (C) y la actividad enzimática (ureasa, proteasa, fosfatasa ácida e hidrólisis del FDA, fluoresceína diacetato), entre un bosque de *Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst versus una plantación de *Pinus radiata* D. Don, ubicados en la Depresión Intermedia del sur de Chile (40° 07' S 72 ° 51' W, 160 m.s.n.m.). Las mediciones se realizaron cada mes, durante septiembre 2003 hasta mayo 2005. A muestras de suelo, de cada bosque, se les determinó la mineralización del N mediante cilindros incubados *in situ*, y se cuantificó el monto de N en forma de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), según Bremner (1965), siendo la suma de ambas formas de N inorgánico la mineralización del N (N_{min}). Para determinar la mineralización potencial del C se utilizó el método de Isermeyer (1952). La actividad de la ureasa, proteasa y FDA se realizó por métodos espectrofotométricos. Los resultados de este estudio mostraron que los niveles de mineralización del N, C y la actividad enzimática fue significativamente diferente entre los bosques y los meses a través del año (Wilk's Lambda = 2,3571E-05; df = 8,160; P = 0.000), siendo los valores para la plantación de *P. radiata* significativamente menores (Tukey < 0.05) a los determinados para el Bosque de *N. obliqua*. El N_{min} y la mineralización del C, están influidas positivamente por la temperatura del suelo, y la actividad de las enzimas mostraron un comportamiento estacional, con mayores valores en otoño y primavera. Se infiere que las plantaciones de *P. radiata*, debido a las características de su hojarasca y otros parámetros asociados, tendrán una menor tasa de descomposición de la materia orgánica en comparación a los bosques nativo, por lo tanto la actividad biológica y procesos de mineralización son significativamente menor en comparación a los bosques nativos.

AGRADECIMIENTOS: a Proyecto Fondecyt N° 1030344

PALABRAS CLAVES: actividad enzimática, mineralización C y N, *Nothofagus obliqua*, *Pinus radiata*.

NIVELES DE GLOMALINA EN SUELOS DE DOS ECOSISTEMAS DEL SUR DE CHILE

Fernando Borie B., Alfredo Morales, Claudia Castillo, Rosa Rubio y Juan L. Rouanet M.

Universidad de La Frontera. Casilla 54-D. Temuco, Chile. (fborie@ufro.cl)

RESUMEN

Los hongos micorrízicos arbusculares participan en el almacenamiento de C, al producir una glicoproteína denominada glomalina, la cual incide fuertemente en la estabilidad del suelo. El objetivo de este estudio fue cuantificar el contenido de glomalina a través del perfil de suelo en dos ecosistemas sometidos a distintos manejos: a) un agroecosistema (ultisol, IX Región) con una rotación corta avena-trigo y lupino-trigo sometidos a labranza convencional y cero labranza, a dos profundidades 0- 10 cm y 10- 20 cm y b) un ecosistema boscoso (andisol X Región) con 5 áreas seleccionadas (bosque siempreverde sin y con manejo, renoval sin y con manejo y una pradera dentro del bosque). Entre los dos ecosistemas se produjeron grandes diferencias en los niveles de glomalina; así, en el agroecosistema se encontró entre 6,37–10,04 mg g⁻¹ (7,2-8,5% del C total) mientras en el bosque fluctuó entre 41-114 mg g⁻¹ (18,5-26,1% del C total). El C-glomalínico disminuyó en profundidad representando una fracción importante del C del suelo, siendo mayor en el bosque. Estos resultados son interesantes por la contribución que tendrían en especial, los sistemas boscosos, en la secuestación del CO₂ atmosférico, toda vez que el incremento del C total en dicho sistema (50%) sería concomitante con el incremento de C-glomalínico.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt 1020306

PALABRAS CLAVES: glomalina, agroecosistema, ecosistema boscoso

CALIDAD DE SUELO DE PLANTACIONES DE EUCALYPTUS EN LA PRECORDILLERA DE LA VIII REGIÓN DE CHILE.

Carolin Córdova S., Eduardo Navarrete E., Margarita Barrandeguy H. y Fany Gutiérrez B.

Unidad Académica Los Ángeles, Universidad de Concepción. Juan Antonio Coloma 0201, Los Ángeles, Casilla 341, Los Ángeles, Chile. (cacordov@udec.cl)

RESUMEN

En Chile, el 18 % de la superficie plantada con especies forestales corresponde al género *Eucalyptus*, y se concentra principalmente entre la VIII y IX regiones. En esta investigación se estudió la calidad del suelo bajo plantaciones de dos especies de *Eucalyptus*, durante la primera rotación. En un suelo de la Serie Santa Bárbara (37° 32' S.; 71° 55' O), durante la estación de otoño, se estudió la actividad microbiana en sitios con plantaciones de *E. nitens* (EN) y *E. globulus* (EG) de primera rotación. Se comparó con un bosque aledaño constituido principalmente por *Nothofagus obliqua* asociado a especies de bosque esclerófilo y algunas especies de zonas húmedas (B). Se determinó el C total (C_t), el C mineralizado (C_{min}) a los 3 y 10 días de incubación, y la biomasa microbiana (C_{biom} , N_{biom}), y cada uno de estos parámetros se relacionó con el C_t , debido a la mayor sensibilidad de estos indicadores en el corto plazo. También se registró la pérdida de masa de la litera durante el período marzo – mayo. Suelos de EG no mostraron incremento del C_{min} a los 10 días, por lo que los resultados fueron referidos principalmente a la incubación por 3 días. El C_t de EN y EG fue de alrededor 95 mg C g⁻¹ de suelo y significativamente mayor ($P \leq 0,05$) a lo encontrado en B. Sin embargo en B se registró mayor C_{min} , por lo que el cociente metabólico ($C_{min} C_t^{-1}$), que alcanzó 17 µg C-CO₂ mg⁻¹C_t, fue 3 y 5 veces mayor a lo registrado en EG y EN, respectivamente. El C_{biom} no registró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre EN y EG y fue 2,6 veces inferior a B (1333 µgC g⁻¹ de suelo). Estas diferencias fueron mayores al relacionar el C_{biom} con el C_t . La actividad específica de la biomasa microbiana ($C_{min} C_{biom}^{-1}$) fue mayor bajo suelos con EG, seguido por EN y finalmente B. Esto se relacionó con la mayor descomposición de la litera de EG que alcanzó la mayor pérdida de masa durante el período estudiado. Los resultados obtenidos indicarían una población microbiana más activa bajo suelos de EG, con mayor potencial de descomposición y ciclaje de residuos y por tanto, de mayor calidad.

PALABRAS CLAVES: biomasa microbiana, respiración del suelo, suelo de bosque

IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL EN QUERÉTARO, MÉXICO

Juan B. Hernández Z., Teresa López L., Jaime Horta R. y Gerardo Serrano G.

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Centro Universitario Cerro de las Campanas s/n, Colonia Niños Héroes, C.P. 76010, Querétaro, Qro, México. (bosco@uaq.mx, lolte@uaq.mx, horta@uaq.mx, rsguti@uaq.mx, respectivamente)

RESUMEN

En México, el proceso de extracción de materias primas de los bancos de materiales generan impactos ambientales que deben ser considerados por la trascendencia que éstos pueden tener sobre el medio natural, por ejemplo: Calidad de aire (generación de polvo y partículas), Estructura edáfica (alteración de los procesos internos, dificultad e impedimento de la regeneración del suelo), Aguas superficiales y subterráneas (contaminación de acuíferos, afección de causas de agua, alteración en el proceso y la capacidad de filtración del suelo), Fauna y flora (destrucción de la capa vegetal, deterioro de biotipos, eliminación de la flora). El proceso actual de explotación de bancos de materiales, involucra las siguientes actividades: localización, exploración, muestreo, análisis, preparación, explotación y abandono. En la ciudad de Querétaro, Querétaro, México se encuentran localizados 4 bancos de materiales abandonados y que actualmente reciben desperdicios originados por la construcción. Como solución a la pérdida de la cubierta vegetal se propone compensar con la reforestación del área apoyándose con especies endémicas, realizar un programa de rescate de vegetación que considere especies en peligro de extinción, que incluya desplante, transporte y resiembra. Posterior a la explotación del banco este se puede convertir en un Centro de Restauración Ambiental y Paisajista, con la finalidad de recuperar el suelo degradado paulatinamente y mediante un proceso controlado.

PALABRAS CLAVES: bancos de material, impacto ambiental, Querétaro

CAMBIOS EN EL SUELO CAUSADOS POR LA COSECHA CON MAQUINARIA FORESTAL

Juan E. Schlatter V., Víctor Cárcamo y Felipe Leiva M.

*Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.
(jschlatt@uach.cl)*

RESUMEN

El trabajo evalúa, a base de variables morfológicas y físicas, el efecto que tuvo una cosecha invernal con skidder sobre el suelo y el rendimiento forestal. En los años 1980 – 82 se cosechó con un skidder o tractor articulado de ruedas iguales, en el sector de estudio: un predio con ultisol en los alrededores de Valdivia, la primera rotación de *Pinus radiata*. La cosecha se llevó a cabo en invierno, porque el sitio está ubicado cerca de camino pavimentado, y por necesidad de abastecimiento industrial. 22 - 24 años después se procedió a cosechar la segunda rotación de *P. radiata*, lo que permitió medir la producción forestal de ese turno y de analizar las condiciones en que se había desarrollado la especie. Para tal efecto se midió el bosque en pie antes de cosecha y se analizó el suelo rojo arcilloso, Serie Los Ulmos, a través de calicatas, cuya ubicación se seleccionó considerando el área afectada por la anterior cosecha, con skidder. También se midió otro rodal, en calidad de testigo, de similar edad, pero en el cual la cosecha se efectuó con bueyes de maderero, y además se incorporó una calicata bajo bosque nativo, ubicada al lado del terreno afectado. En las calicatas se determinó: los horizontes, su estructura y consistencia, la resistencia a la penetración (bastón de golpe y penetrómetro de bolsillo), el volumen de poros gruesos y la densidad aparente. Los horizontes superficiales fueron modificados por la remoción causada durante la cosecha, afectando a su estructura, densidad aparente y porosidad, sin embargo la variable más sensible fue la resistencia a la penetración. La estructura del suelo fue modificada de tal modo que la resistencia a un elemento penetrante aumentó significativamente, incluso hasta los 60 cm de profundidad. El rendimiento forestal también acusó el efecto, presentando una disminución de alrededor de un 10% por esta causa, a pesar que la mayor proporción en la caída de rendimiento de la plantación forestal se debió a la calidad del material genético y a su cultivo posterior (35%).

PALABRAS CLAVES: *Pinus radiata*, ultisol, características físicas, rendimiento forestal

EFFECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE ALFOMBRAS DE CÉSPED EN UN SUELO AGRÍCOLA

María Teresa Varnero M., Claudia Rojas A., Carla Macaya S. y Roberto Orellana R.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. mvarnero@uchile.cl; claviarojas@yahoo.com; carlitam2112@yahoo.es; rob_orellana@yahoo.com

RESUMEN

Actualmente uno de los problemas que enfrenta el sector agrícola en la Región Metropolitana es la reducción de suelos agrícolas. Esto se debe principalmente al avance urbano y al cambio de uso de suelos para fines industriales y recreacionales. Asociado a estas actividades, se encuentra la producción de alfombras de césped, la cual produce la pérdida irreversible de estos suelos. Según el manejo tradicional que realizan los productores, se cosecha el césped adherido a una altura aproximada de 4 cm de suelo en dos cortes por temporada, lo que se traduce en una pérdida cercana a 1.100 toneladas de suelo por año. Esto adquiere importancia, si se considera que en la Región Metropolitana los suelos susceptibles de ser sometidos a esta actividad, por ser de texturas finas, corresponden al 41% del total de las Series de suelos de la Región. Por esta razón, este trabajo tiene la finalidad de evidenciar los efectos del cultivo de alfombras de césped en un suelo agrícola, mediante la evaluación de los cambios generados por esta actividad. En un suelo agrícola de la Serie Liray, franco arcillosa, Clase Capacidad de Uso III se definieron tres lugares de muestreo: suelo sin cultivo de césped (SU), con 2 cortes de césped (S2C) y con 4 cortes de césped (S4C) en los cuales se describió el perfil hasta los 40 cm de profundidad. Para cada uno de los sectores se consideraron dos horizontes de muestreo: 0-20 cm y 20-40 cm. En el primero, se determinó: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, actividad microbiológica, textura y densidad aparente. En el segundo horizonte se efectuaron algunos análisis físicos. Los resultados obtenidos indican un efecto negativo en el potencial productivo del suelo; observándose una disminución del contenido de materia orgánica, y un aumento de la concentración de sales y de la densidad aparente, en la medida que los suelos son cultivados con alfombras de césped. Por otra parte, debido a la extracción del horizonte superficial del perfil, quedan expuestos los horizontes de texturas más gruesas. Esto implica que, en un corto plazo, si se mantiene el manejo tradicional en la producción de alfombras de césped, se producirá la degradación del suelo, lo que se traducirá en una baja sustentabilidad de esta producción y de cualquier actividad agrícola posterior.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto FONDEF D03I1063

PALABRAS CLAVES: pérdida de suelo, alfombras de césped, palmetas de césped.

COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL SECANO INTERIOR DE CHILE, EL CASO DE LA COMUNA DE NINHUE, VIII REGIÓN

Claudio Pérez C.⁽¹⁾, Jorge Riquelme S.⁽²⁾ y Shigehiko Yoshikawa.⁽³⁾

^{1.} CRI Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Vicente Méndez 515. Chillán (cperez@inia.cl)

^{2.} CRI Raihuen, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (jriquelm@inia.cl)

^{3.} 1330 Antou-cho, Tsu-shi, Mie-ken, Japan, 514-0058. (syoshikawa@ruby.plala.or.jp)

RESUMEN

La compactación del suelo afecta el crecimiento de los cultivos y el funcionamiento de las máquinas agrícolas, debido al tránsito de ésta. La causa de la compactación del suelo en el secano interior de Chile es diferente, ya que se observan problemas de compactación del suelo aún en tierras agrícolas, donde por primera vez se efectúa cero labranza, por lo que no hay influencia previa del recorrido de maquinaria agrícola pesada. Como parte del Proyecto Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo en el Secano Mediterráneo de Chile (CADEPA), se realizó un estudio para determinar los niveles de compactación del suelo en secano interior de Chile (Comuna de Ninhue). Para determinar el grado de compactación de un suelo, se midió la resistencia con un penetrómetro de cono YAMANAKA, y un “registrador de penetración” (Marca DAIKI modelo SR-2). La medición efectuada en el suelo sin subsolar, muestra que a los 5 cm de profundidad existe una zona compactada con mayor resistencia a la penetración, que en superficie y a 10 cm de profundidad, luego a partir de los 20 cm de profundidad el suelo presenta en todo su perfil la máxima resistencia a la penetración. La medición efectuada inmediatamente después del subsolado sobre la línea de trabajo de un brazo, muestra una reducción de la resistencia a la penetración en todo el perfil del suelo incluso más abajo de la profundidad de trabajo del subsolador (50 cm). La medición efectuada en la línea media del paso de dos brazos, también muestra un comportamiento similar, pero una resistencia a la penetración mayor que el caso anterior. Esto demuestra que el trabajo de subsolado debe ser acompañado de otras medidas de corrección. Si se utiliza un arado cincel, para corregir la compactación, la profundidad de trabajo solo alcanza a los 15 cm. El sistema de la cero labranza tiene la perspectiva futura de formar una estructura estable de agregados en el suelo, como el suelo de un bosque, por ende un suelo con buena capacidad de drenaje y de retención de humedad, menor erosión y alta productividad de cultivos, por medio del desarrollo de las raíces de los cultivos, la acumulación de materias orgánicas en la capa superficial y las actividades de la fauna del suelo como lombrices

PALABRAS CLAVES: secano interior, compactación de suelos, penetrómetro

RECONOCIMIENTO DE SUELOS, PERSPECTIVA ESCALAR DE LA AGRICULTURA DE PRECISION

Wilfredo Vera E.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile (wvera@uchile.cl).

RESUMEN

La agricultura de precisión o manejo de sitio específico (mse) es un conjunto de actividades que incluyen la recolección y manejo de la información, la cual permite tomar decisiones económicas y ambientales apropiadas para la producción de cultivos. El suelo es uno de los componentes en el mse, por lo tanto conocer su variabilidad a nivel de máximo detalle reviste gran importancia en la toma de decisiones. En este trabajo se presenta lo que corresponde a la metodología para cartografiar la variabilidad del recurso suelo, a nivel predial (i), con el objeto de llegar al manejo óptimo del sitio específico. Ésta se basa fundamentalmente en la utilización de un sensor de conductividad eléctrica y su respectiva georreferenciación. Con la utilización de este sensor se obtiene, a nivel de metro cuadrado, la variabilidad que presenta esta propiedad y que, relacionada con otras características del área, posteriormente permite dirigir la selección de los sitios específicos para realizar la caracterización georreferenciada y mapeo del suelo. Además, se presenta una comparación entre las unidades cartográficas obtenidas mediante el reconocimiento de suelos detallado (metodología tradicional), y aquellas obtenidas con el uso de esta técnica. Las principales conclusiones obtenidas a través de diversos reconocimientos de suelos, han indicado que la cartografía realizada con técnicas de precisión, permiten obtener zonas homogéneas, áreas similares con respecto a alguna característica importante de producción que deben ser muestreadas y/o tratadas en forma similar y, representan en mejor forma y con mayor exactitud la variabilidad del recurso suelo a nivel predial.

PALABRAS CLAVE: reconocimiento de suelos, agricultura de precisión

TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN EN LA IDENTIFICACIÓN MINERALÓGICA DE ARCILLAS EXPANSIVAS.

Teresa López L., Juan B. Hernández Z., Jaime Horta R. y Gerardo R. Serrano G.

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas S/N, Col. Niños Héroes, CP 76010, Querétaro, Qro; México (lolve@uaq.mx, bosco@uaq.mx, horta@uaq.mx y rsguti@uaq.mx , respectivamente)

RESUMEN

A la fecha, las clasificaciones más comunes de suelos que se utilizan en el área de Mecánica de Suelos, siguen correspondiendo al comportamiento general de diferentes grupos de suelos, lo que las hace muy superficiales y ambiguas debido, por ejemplo, al carácter empírico de obtención de los parámetros utilizados para clasificar dichos suelos. Por otro lado, el tipo de suelo determinado con este sistema no alcanza a identificar el contenido mineralógico de éstos, lo que al final de cuentas repercute en el comportamiento expansivo de algunos tipos de arcillas. Por todo lo anterior, en este trabajo se aplican algunas Técnicas de caracterización para identificar los constituyentes mineralógicos del suelo, con el objetivo de ofrecer una forma diferente y más universal de identificación de suelos que se anexe poco a poco a la clasificación de suelos establecida. Esta investigación es sobre la caracterización de arcillas expansivas debido a la gran cantidad de daños causados a la construcción en México por este tipo de suelo. La Difracción de Rayos X muestra que el suelo está constituido principalmente por montmorilonita, albita y anordita. En el Análisis Térmico Gravimétrico se observa que el suelo contiene alrededor de 3,37% de materia orgánica, La Espectroscopia Infrarroja confirma la existencia de montmorilonita en el suelo, mineral que ya se había detectado por Difracción de Rayos X. La Microscopía Electrónica de Barrido nos muestra que las partículas elementales del suelo son de forma semejante a las *hojuelas*, y que éstas a su vez aparecen formando grandes aglomerados. Por todo lo anterior, se puede concluir que la Difracción de Rayos X contribuye aproximadamente el 80% del análisis y que el Análisis Térmico Gravimétrico además de detectar la cantidad de materia orgánica se puede utilizar para determinar la cantidad de agua absorbida y adsorbida en el suelo. Finalmente, las técnicas de Espectroscopia Infrarroja, Microscopía Electrónica y Análisis Térmico Diferencial resultan ser técnicas complementarias y de comprobación en la Interpretación conjunta del análisis.

PALABRAS CLAVES: caracterización de arcillas, suelos expansivos

ANTECEDENTES GENERALES DE LA FERTILIDAD DE SUELOS DE LA COMUNA DE NINHUE, VIII REGION.

Pablo Undurraga D., Marcelino Claret M. y Claudio Pérez C.

*Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) CRI Quilamapu. Vicente Méndez 515. Chillán.
(pundurra@inia.cl) (mclaret@inia.cl) (cperez@inia.cl)*

RESUMEN

El secano interior de la VIII Región está formada por suelos derivados de materiales graníticos, que se ubican en posición topográfica de cerros y/o lomajes. Los suelos con pendientes de 9 a 20% son aptos para cultivos solo si se utilizan técnicas conservacionistas como la siembra directa sin laboreo del suelo o cero labranza, cultivos en fajas o contornos, la incorporación de residuos vegetales y una adecuada rotación de cultivos. La comuna de Ninhue tiene una superficie de 39.000 ha. Debido a sus características agroclimáticas y de topografía presenta una aptitud eminentemente forestal, ganadera, cultivos anuales, fruticultura y establecimiento de viñedos. Los orígenes de estos suelos se pueden dividir en derivados de rocas metamórficas (Series Constitución, Pocillas, Maule), de rocas graníticas (Series Cauquenes, San Esteban) y de posición baja (Series Quella, Unicaven, Vegas). Como parte del Proyecto *Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo* en el secano mediterráneo de Chile (CADEPA), se realizó un estudio de las Series de suelo de la Comuna de Ninhue, en base a una calicata por cada 100 ha de suelo, hasta cubrir el 85% de la comuna, en un lapso de tres años. La fertilidad de los suelos de la comuna de Ninhue está afectada debido a la erosión hídrica, esto se traduce en densidades aparentes altas, suelos con escasa estructura y porosidad que reduce sustancialmente la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil. El N es el principal nutriente deficitario ($6,1 \text{ mg kg}^{-1}$ en promedio), (98% de las muestras con índices bajos a muy bajos). Dada la importancia en la nutrición de los cultivos y al ser el principal macro nutriente, se transforma en la primera limitante de la fertilidad. En segundo lugar está el S, con valores promedios de $2,3 \text{ mg kg}^{-1}$, (100% de las muestras están con un índice de disponibilidad bajo y muy bajo). El P se presenta deficiente, con índices bajos y muy bajos en el 87% de los casos, con promedio de $6,1 \text{ mg kg}^{-1}$. El K también presenta índices bajo a muy bajo en el 68% de las muestras analizadas. Se deben mejorar las relaciones de bases que afectarán la disponibilidad de K y Ca especialmente por los elevados contenidos de Mg de intercambio. Una estrategia puede ser la utilización de enmiendas calcáreas de tipo calcitas (libres de Mg), para aumentar los contenidos de Ca del suelo. Además esto ayudará a mejorar la estructura del suelo, mejorando la porosidad y la infiltración de agua.

PALABRAS CLAVES: secano interior, fertilidad de suelos, comuna Ninhue

COMPARACIÓN DE MINERALES FOSFÁTICOS NATURALES DE CHILE

Carlos Rojas W.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI La Platina, Santiago (crojas@inia.cl)

RESUMEN

El inicio de los estudios de yacimientos fosfáticos, se remonta a 1963 con las prospecciones de Bahía Tongoy hasta Puerto Aldea y Pachingo en 1989. En este trabajo, se presenta una síntesis de las principales características geológicas, físico-químicas y agronómicas de los materiales analizados y las conclusiones de sus propiedades y uso agronómico obtenido del desarrollo de las investigaciones. Se describe la ubicación de los depósitos, así como su origen y potencia. Se presentan algunos resultados de la solubilidad de las rocas chilenas en comparación con algunas rocas reactivas de Latinoamérica y USA. Se resumen los resultados de comparación de la composición general de algunas rocas clásicas de reconocida eficiencia, con algunas del norte de Chile. Se presentan antecedentes actualizados de producción de las rocas fosfóricas en el mercado nacional. Las principales conclusiones obtenidas a través de los experimentos de campo, en andisoles, han indicado que las rocas fosfóricas nacionales, tienen un amplio potencial fertilizante. Así, la más recomendable por su contenido medio de fósforo y alta reactividad es la de Bahía Inglesa y la roca de Mejillones que tiene una eficiencia similar a la roca de Tampa al emplearla como concentrado fosfórico. Las especies vegetales de mayor eficiencia al uso de estos recursos, han sido las de período vegetativo largo, como las praderas y especies de alta capacidad extractiva de fósforo como el lupino o el raps y aún el arroz inundado.

PALABRAS CLAVES: yacimientos fosfáticos, reactividad de rocas, andisoles, uso agronómico.

PRODUCCION DE RAÍCES DE TRIGO, PAPAS Y ARVEJAS CRECIENDO BAJO DISTINTOS NIVELES DE FÓSFORO

Dante Pinochet T.⁽¹⁾, Guillermo Miranda C.⁽¹⁾, Ricardo Fuentes P.⁽²⁾, Roberto Mac Donald H.⁽¹⁾ y
Jermán Carrasco A.⁽¹⁾

^{1.} Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja. Valdivia. Casilla 567. Valdivia, Chile. (dpinoche@uach.cl)

^{2.} Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. . Facultad de Ciencias Agrarias.. Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja. Valdivia. Casilla 567. Valdivia, Chile.

RESUMEN

Las raíces son el órgano principal utilizado por las plantas para su nutrición hídrica y mineral. Sin embargo, pocos estudios se han realizado para evaluar su crecimiento, bajo distintas condiciones nutricionales en suelos volcánicos. Este estudio tuvo por objetivo evaluar los parámetros de crecimiento radical: densidad radical, tasa de crecimiento en longitud radical, relación biomasa aérea/biomasa radical, distribución de raíces y profundidad de enraizamiento, relación entre el peso de raíces (g MS) y longitud radical (m), de tres cultivos: trigo, papas y arvejas creciendo en diferentes niveles de fertilidad fosforada en el suelo. La producción y distribución de raíces se midió en diferentes estados fenológicos, cinco para trigo y papas y cuatro para arvejas. Las raíces fueron colectadas hasta la profundidad de enraizamiento, usando la técnica de cama de clavos (monolito) separada en cuadrillas de 5 cm. El material colectado fue lavado y secado hasta peso constante en un horno de ventilación forzada. La densidad radical fue medida usando el método computacional WinRhizo v 2002. En este estudio se concluye que los distintos niveles de fertilidad fosforada afectan la profundidad de enraizamiento en los estados tempranos de los cultivos. Sin embargo, la producción de biomasa de raíces y la longitud de densidad radical fueron ligeramente afectadas por la fertilidad fosforada, mostrando solo algunas diferencias significativas en las estratas de 5 cm, en los distintos estados fenológicos del cultivo. Ello implica que existe un privilegio hacia la producción de raíces en desmedro de la producción aérea cuando el fósforo es deficiente. La máxima densidad radical fue alcanzada en los estados de floración de los cultivos y posteriormente decreció, mostrando que la tasa de crecimiento en longitud radical logra un máximo durante la floración de los tres cultivos evaluados. La razón producción aérea/producción radical tiende a aumentar a través del tiempo y es mayor con el aumento de la dosis de fertilización fosforada en los cultivos de trigo y papas, no así en el cultivo de arvejas.

PALABRAS CLAVES: densidad radical, crecimiento radical, fertilización fosforada, suelos volcánicos

RETENCIÓN DE FÓSFORO FERTILIZANTE EN SUELOS NEUTROS Y ALCALINOS EN EL VALLE CENTRAL DE CHILE (REGIONES METROPOLITANA Y SEXTA)

José D. Opazo A., María Adriana Carrasco R. y Edmundo Marín N.

Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile, Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (jopazo@uchile.cl) (acarrasc@uchile.cl).

RESUMEN

Los suelos de origen aluvial de las regiones Metropolitana y VI, del llano central de Chile, comúnmente han sido fertilizados con P por sus altos niveles de productividad. Sin embargo, en algunos casos es necesario hacer fertilizaciones de corrección para llevar los niveles de P disponible a un valor de suficiencia. Uno de los factores que diferencia a estos suelos es la presencia de carbonato que puede afectar la retención de fósforo (RP) la cual no ha sido suficientemente estudiada. El objetivo de este trabajo fue investigar la RP en suelos con y sin CaCO_3 equivalente. Se seleccionaron ocho suelos de diferentes Series, con pH entre 6,5 y 8,0. Se determinó la RP mediante incubación en condiciones aeróbicas por 15 días a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, aplicando dosis de 25, 50, 75 y 150 mg de P kg^{-1} de suelo, como KH_2PO_4 . El P extraíble se determinó por el método de Olsen. Además, se obtuvieron las isotermas por agitación y ajuste a la ecuación de Langmuir. Se analizó: pH (en H_2O y KCl 1 M), materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, CaCO_3 equivalente, óxidos de hierro y contenido de arcilla. El CaCO_3 en los suelos varió entre 0,0 y 4,1%. Los suelos dentro de una misma Serie presentaron contenidos de carbonato similares. En el rango de P aplicado en la incubación se encontró una respuesta lineal y otra polinomial. Las funciones polinomiales se asociaron a los suelos sin carbonato y pH entre 6,5 y 7,7, con la excepción del suelo Maipo. La RP fue inversamente proporcional al contenido de carbonato, dando un coeficiente de correlación (r) entre - 0,81 y - 0,76 ($P \leq 0,05$) al aplicar dosis entre 25 y 75 mg kg^{-1} de P en la incubación. Estos resultados son concordantes con la capacidad máxima de RP de Langmuir (b_{max}). Se postula que la relación inversa entre RP y contenido de carbonato se debería a una mayor presencia de P lábil proveniente del fosfato de calcio que precipitaría como resultado de las continuas fertilizaciones con P. No hubo correlación con la MO ni óxidos de Fe. Los suelos estudiados presentaron una RP que varió del 62 al 86% del P aplicado (dosis 50 mg kg^{-1}) en los suelos sin carbonato, y de 32 al 57% en los suelos con carbonato, resultado relevante que indicaría la conveniencia de considerarlo en los planes de manejo.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt N° 90/1292

PALABRAS CLAVES: retención de fósforo, P suelos neutros y alcalinos, P en suelos aluviales, P-carbonato

SORCIÓN DE FÓSFORO EN ANDISOLES CHILENOS: ALGORITMO DE SIMULACIÓN DE LA CINÉTICA DE REACCIÓN LENTA.

Carlos Benavides Z.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (cbenavid@uchile.cl)

RESUMEN

El proceso de sorción de fósforo (P) presenta 2 etapas cinéticas, la primera de las cuales es muy rápida y corresponde a reacciones heterogéneas (adsorción, precipitación) en que la resistencia difusiva es menor que la resistencia química y la tasa macroscópica de reacción coincide, con la velocidad verdadera de reacción en superficies de alta accesibilidad al soluto (región cinética). En la segunda etapa, la tasa macroscópica de reacciones heterogéneas similares está controlada por la resistencia difusiva al transporte de fosfato hacia los sitios reactivos, ubicados principalmente al interior de una matriz microporosa, de menor accesibilidad y por lo tanto, el análisis cinético de la reacción suelo-P, en esta etapa, puede ser enfocado como una reacción química mediada por difusión (cinética difusional), en la cual parte del fosfato que difunde es inmovilizado en las sitios reactivos internos o precipitado. Según lo anterior, bastarían consideraciones puramente físicas (leyes de difusión) para describir la tasa de disminución de la concentración de P en solución en la etapa lenta del proceso de sorción. El objetivo de este trabajo es presentar un algoritmo de simulación de carácter predictivo, que permite describir dicha variación del P en solución bajo condiciones isotérmicas, para tiempos de reacción superiores a 100 días. El algoritmo se sustenta en un modelo bicompartimental del sistema reactivo suelo-P, utilizando una adaptación de una solución de la segunda ley de Fick para el caso de una fuente confinada, en geometría cilíndrica (medio infinito). Los resultados de la simulación fueron contrastados con datos experimentales obtenidos a partir de incubaciones de andisoles, a dos niveles de P aplicado (1.500 y 3.000 mg kg⁻¹ de P), en los que la concentración de P en solución fue monitoreada en el tiempo, mediante extracción con CaCl₂ 0,01 M en suspensiones 1:10 (suelo seco:solución), durante un periodo de reacción de 120-126 días a 19±1°C. Se obtuvo valores altos de R entre las concentraciones experimentales y las calculadas a t>1 día, al utilizarse la concentración obtenida en t=1 para determinar la única constante del algoritmo. El procedimiento es altamente seguro y permitiría su rutinización (basta incubaciones de 24 h) en aplicaciones relacionadas a la evolución en el tiempo del P en solución, en problemáticas asociadas al requerimiento externo de P y en la modelación de resultados de extractometría.

AGRADECIMIENTOS: a Proyecto DICTUC 414/82.

PALABRAS CLAVES: sorción, fósforo, andisol, cinética de reacción lenta, compartimentalización de sistemas reactivos suelo-P, simulación cinético difusional.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA (K_{fs}) EN SUELO DE CENIZAS VOLCÁNICAS SOMETIDO A SEIS ROTACIONES CULTURALES POR DIEZ AÑOS

Marco Sandoval E.⁽¹⁾, Carolina Castillo S.⁽¹⁾, Erick Zagal V.⁽¹⁾, Neal Stolpe L.⁽¹⁾ y Pablo Undurraga D.⁽²⁾

^{1.} Facultad de Agronómicas, Universidad de Concepción. Avenida Vicente Méndez 595, Chillán, Casilla 537, Chile. (masandov@udec.cl)

^{2.} CRI Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán, Chile. (pundurra@inia.cl)

RESUMEN

La conductividad hidráulica saturada (K_{fs}) fue medida en un suelo de origen volcánico (Typic Haploxerands) del valle central de Chile sometido a seis rotaciones culturales con distinto manejo agronómico e intensidad de uso del suelo y agrupadas en: cuatro rotaciones que incluyen pradera y dos rotaciones intensivas (sin pradera), de iguales características, pero con diferente cultivo de inicio (remolacha o maíz). Las mediciones fueron realizadas *in situ*, con el uso de un permeámetro Guelph. Paralelamente, se determinaron dos parámetros hidráulicos del suelo: parámetro α y potencial de flujo mátrico (ϕ_m), los cuales son variables matemáticas del valor de K_{fs} . Todas las parcelas con praderas dentro de la rotación, obtuvieron, en general, valores similares de K_{fs} , sin existir diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre ellas. Las parcelas con rotaciones intensivas presentaron el mayor y menor valor de K_{fs} , donde la rotación: remolacha, trigo, frejol, cebada, obtuvo la mayor K_{fs} ($P \leq 0,05$) de todo el ensayo. Todos estos resultados fueron corroborados por un análisis de correlación ($P \leq 0,05$) que determinó significativa relación entre la K_{fs} y los parámetros hidráulicos: α y potencial de flujo mátrico (ϕ_m); y explicados a través de la arquitectura radicular, confirmando así, la incidencia que tienen los cultivos sobre la naturaleza física del suelo.

PALABRAS CLAVES: permeámetro Guelph, parámetro α , potencial de flujo mátrico.

COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA DEL SUELO

Juan González C., Julio Haberland A. y Manuel Casanova P.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (jhaberla@uchile.cl) (mcasanov@uchile.cl)

RESUMEN

De las propiedades físicas del suelo, la conductividad hidráulica (K) es ampliamente utilizada por diversas disciplinas para el cálculo y modelación del movimiento de fluidos en la matriz del suelo. Pese a que existen diversas metodologías para su determinación, se ha incorporado el uso del tensiointfiltrómetro como una alternativa de medición que aparenta ser un método más preciso y universal. A fin de comparar tres métodos de medición de K, se determinó esta propiedad en dos suelos de textura contrastante: uno de textura fina (Sitio 1: Serie Pimpinela en Rinconada de Doñihue, 34° 13' LS - 70° 59' LW, VI Región, Mollic Haploxeralfs) y otro de textura gruesa (Sitio 2: Serie Pudahuel en Rinconada de Maipú, 33° 28' LS - 70° 50' LW, RM, Vitrandic Durixeroll). Los métodos utilizados fueron el permeámetro de carga constante (PC), el pozo barreno (PB) y el tensiointfiltrómetro (TI). Para ambas condiciones de suelo el TI entregó los valores mayores de K (Sitio 1: $7,29 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ y Sitio 2: $5,27 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$), en tanto el PC entregó los valores menores (Sitio 1: $0,58 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ y Sitio 2: $0,63 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$). El hecho que sólo las K promedio determinadas mediante el PB y el PC en el Sitio 1 resultaron ser estadísticamente equivalentes ($p < 0,05$), se debe posiblemente a diferencias en el volumen de influencia de los métodos, alteraciones físicas disímiles y diferencias entre el flujo horizontal y el vertical del agua a través de las muestras que impone cada método. Dado que los resultados de K entregados por el PB (Sitio 1: $1,59 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ y Sitio 2: $2,92 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$) son consistentemente menores que los entregados por el TI, se puede inferir que el PB no sería un método seguro para hacer determinaciones de K en suelos de texturas finas que presentan macroporos interped, ya que la compactación del suelo en las paredes del pozo haría subestimar su magnitud. Por su parte, si se considera que el TI incluiría el efecto de los macroporos sobre la K del suelo, consecuentemente este método entregaría resultados más representativos que los otros dos métodos utilizados, aunque a un costo mayor. Se requiere de más estudios que comparen los métodos de medición de K bajo distintas condiciones de suelo, a fin de conocer las capacidades y limitaciones de estas técnicas, con la finalidad de seleccionar la más adecuada para las distintas condiciones edáficas, de modo de comprender en mejor forma el comportamiento hidráulico del suelo.

PALABRAS CLAVES: conductividad hidráulica, tensiointfiltrómetro, pozo barreno, permeámetro

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN FASE NO SATURADA EN ANDISOLES SUJETOS A DISTINTO MANEJO

Cristian Quiroz S.⁽¹⁾, Juan Nissen M.⁽¹⁾ y Oscar Seguel S.⁽²⁾

^{1.} *Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile (cqus@hotmail.com)*

^{2.} *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile.*

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue medir la conductividad hidráulica en fase no saturada (K_{ns}) en tres andisoles (Series Bramadero, Pemehue y Osorno), localizados en la VII, IX y X Región de Chile, y relacionarla con el nivel de estructuración asociado al manejo. Para ello se tomaron muestras de bosque y pradera en cilindros de 30 cm de diámetro y 60 cm de altura. Se midió el potencial mátrico con tensiómetros instalados a distintas profundidades (5, 10, 20, 30 y 50 cm), realizando dos ensayos: (1) monitoreo de la redistribución de agua durante 24 h, posterior a una lluvia simulada de 30 mm en un suelo con un nivel freático artificial; (2) monitoreo de la redistribución de agua durante un periodo de secado de 125 días. Mediante la aplicación de la ley combinada se calculó la K_{ns} . Los suelos presentaban una marcada horizonación de 0-20 y 20-50 cm, por lo que a esas profundidades se tomaron muestras no disturbadas, para determinar la curva característica de suelo, con el objeto de asociar los cambios temporales de potencial mátrico a densidades de flujo. También se evaluó la distribución del tamaño de poros como un índice del efecto del manejo sobre la estructura del suelo. Con el incremento de la estructuración de los suelos, la redistribución del agua tendió a ser más rápida, especialmente en los suelos bajo cubierta de bosque. La Serie Bramadero, con un historial de uso más largo y una menor porosidad total, presentó retrasos en los flujos respecto a las Series Pemehue y Osorno. En el rango de tensiones de 0 a -1.000 hPa, la K_{ns} varió de 3 a 4 órdenes de magnitud ($1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-7} \text{ cm s}^{-1}$). El análisis de la distribución de tamaños de poros permite relacionar estos valores con la K_{ns} : en la medida que los suelos presentan una mejor estructuración, la K_{ns} tiende a ser mayor cuando el suelo posee una baja tensión, pero ésta cae rápidamente debido a la desaturación de la porosidad gruesa. En este sentido, en el rango de poros menores a 10 μm , los horizontes de 15 a 40 cm poseen una mayor K_{ns} respecto al horizonte superficial. La conductividad hidráulica a -330 hPa, fluctuó entre $1,9 \times 10^{-5}$ y $3,6 \times 10^{-5} \text{ cm s}^{-1}$ en sitios bajo pradera, y entre $1,4 \times 10^{-5}$ y $8,1 \times 10^{-5} \text{ cm s}^{-1}$ en sitios bajo bosque.

PALABRAS CLAVES: potencial mátrico, porosidad, estructura

JERARQUÍA DE AGREGACIÓN Y DINÁMICA DE LA POROSIDAD DEPENDIENTES DE LOS CICLOS DE SECADO Y HUMECTACIÓN.

Oscar Seguel S.⁽¹⁾, Rainer Horn⁽²⁾ e Ivonne Orellana S.⁽³⁾

^{1.} *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile (oseguel@uchile.cl)*

^{2.} *Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Christian Albrechts University, Kiel, Olshaunsenstrasse 40, 24118 Kiel, Germany (rhorn@soils.uni-kiel.de)*

^{3.} *Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile (ivonneorellana@uach.cl)*

RESUMEN

El aumento de la resistencia mecánica de los agregados a medida que disminuye su diámetro se conoce como jerarquía de agregación. Se estudió esta condición en dos andisoles y un mollisol, usado como control, colectados a profundidades de 0-15 y 40-60 cm, con el fin de determinar el efecto de la intensidad del secado sobre la formación de estructura. Además, se prepararon cilindros con agregados (camas) en dos rangos de tamaño (0,63-2,0 y 2,0-6,3 mm), a los se les aplicó de uno a seis ciclos de humectación y secado entre 0 y -60 hPa. Se plantea que los andisoles presentan un ordenamiento jerárquico que se reflejará en las propiedades físicas de las camas de agregados sometidas a secado y humectación. Para ello se midió la densidad del terrón y la resistencia tensil en agregados individuales, mientras que en las camas se midió la densidad aparente, la porosidad inter-agregados, la capacidad de soporte y la resistencia al corte. La resistencia tensil resultó ser un buen indicador de la jerarquía de agregación, presentando correlación con la tensión de agua en función del grado de desarrollo de los suelos. En las camas de agregados, la porosidad gruesa disminuye como consecuencia de los ciclos de secado y humectación, siendo mayor el incremento de la densidad aparente cuando mayor ha sido el historial de uso del suelo. A pesar del asentamiento generado por los ciclos de secado, no existe un claro incremento en la capacidad de soporte de las camas. En las camas de agregados superficiales < 2 mm se registró un aumento de la cohesión interna y una disminución de la fricción interna, pero en muestras de agregados > 2 mm se produce el efecto inverso, posiblemente por un proceso de densificación de los agregados. Parte de estos resultados son posibles de explicar al analizar el comportamiento del potencial mátrico durante las pruebas mecánicas y al aplicar la teoría de la tensión efectiva, ya que la generación de potenciales de presión por la acción de cargas externas disminuye la resistencia interna del suelo.

PALABRAS CLAVES: resistencia mecánica, andisol

HIDROFOBIA EN SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO BAJO DOS SISTEMAS DE MANEJO

José Cuevas B. y Dr. Achim Ellies Sch. *In Memoriam.*

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja, Valdivia, Casilla 567, Valdivia, Chile. (josecuevas@uach.cl)

RESUMEN

Un aspecto de la calidad del suelo, es la de conducir fluidos como agua o gases, y permitir que se realicen procesos y reacciones en su sistema poroso. Muchas veces su capacidad de conducción de agua esta impedida por la dificultad para la entrada de agua al suelo o repelencia, cuando el agua no entra al suelo, se genera escurrimiento superficial y erosión. Esta repelencia se observa en un amplio rango de suelos con orígenes diferentes; esta depende, entre otras, de la textura, acidez, cubierta vegetal y microorganismos. Como los minerales no presentan hidrofobia, resulta interesante utilizar uno de estos (cuarzo) para analizar la capacidad tampón de la repelencia al agua de algunos suelos derivados de ceniza volcánica. En este, caso se adicionaron cantidades de arena de cuarzo a suelos previamente tamizados, y se midió el ángulo de contacto como índice de repelencia. En condiciones de acumulación de materiales orgánicos, hay mayor repelencia, aunque más importante que la cantidad, es la calidad de estos materiales y su posicionamiento en lugares estratégicos, asimismo esta influenciado por la superficie específica y el desarrollo genético, y finalmente el manejo también modifica esta condición.

PALABRAS CLAVES: ángulo de contacto, hidrofobia, repelencia de suelos

CINÉTICA DEL PROCESO SUELO-CAL.

Teresa López L., Juan B. Hernández Z., José A. Zepeda G., Jaime Horta R. y Gerardo R. Serrano G.

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas S/N, Col. Niños Héroes, CP 76010, Querétaro, Qro; México (lolte@uaq.mx, bosco@uaq.mx, zepeda@uaq.mx, horta@uaq.mx rsguti@uaq.mx)

RESUMEN

Debido a los daños frecuentes (agrietamientos de pisos y paredes, banquetas, rotura de tuberías de drenaje y agua potable, pavimentos, etc.) que puede generar una arcilla expansiva cuando se hidrata, ya se han sugerido varias soluciones de cimentación en Ingeniería, entre las que se encuentran el mejoramiento de suelos arcillosos expansivos utilizando cal. Sin embargo, aún cuando este procedimiento ha sido muy eficaz, su utilización se ha visto restringida debido al desconocimiento de su efectividad a largo plazo (tiempo mínimo requerido como vida útil del proyecto del que se trate) y la especulación de que esta mezcla recupera nuevamente su expansión natural en algún tiempo posterior al tratamiento. Por lo anterior, en esta investigación se propone un método que simula un desgaste natural continuo de la mezcla suelo-cal con la finalidad de observar cuál es el comportamiento de la composición mineralógica de la mezcla en el tiempo, a partir de la adición de este material. Con este método se pretende determinar la efectividad de la mezcla en el tiempo. Dentro de la parte experimental del trabajo se utilizan algunas técnicas de caracterización como Difracción de Rayos X, Análisis Térmico Gravimétrico (ATG), entre otras. Se tiene entonces, que el método propuesto para el estudio de envejecimiento del suelo-cal a nivel de laboratorio permitió determinar su comportamiento en un lapso de tiempo razonablemente corto (10 semanas). Durante el proceso de estabilización del suelo se presenta una formación constante de carbonato de calcio que aumenta con el proceso de envejecimiento de manera exponencial y alcanza su valor máximo a la séptima semana, a partir de la cual permanece constante. De acuerdo a la cinética se confirma, con suelos arcillosos, del contenido mineralógico estudiados en esta investigación, y tratados con cal, que no se encuentra ninguna evidencia que indique que el proceso sea reversible en algún momento, esto es, que el suelo estabilizado recupere sus propiedades plásticas iniciales y por ende su expansividad, situación que se ha venido especulando desde siempre.

PALABRAS CLAVES: envejecimiento de suelos, suelos expansivos, cal

ADSORCIÓN DE SELENIO EN ANDISOLES Y SU RELACIÓN CON LA ABSORCIÓN EN PLANTAS

Paula Cartes I. y María de la Luz Mora G.

Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera. Av Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D, Temuco, Chile. (pcartes@ufro.cl) (mariluz@ufro.cl)

RESUMEN

En el suelo, la adsorción de selenio (Se) se encuentra regulada por el pH, su forma química y aniones competitivos en solución. La fertilización con P y S genera un impacto en el equilibrio químico de Se en andisoles y, consecuentemente, en su disponibilidad para las plantas. El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento de adsorción de selenito y seleniato en el suelo en sistemas simples y binarios y su impacto sobre la absorción de Se de *Lolium perenne*. Se realizaron estudios de adsorción de Se (selenito y seleniato) en función del pH y de la concentración en sistemas simples. Además, se estudió la adsorción en los sistemas binarios selenito/fosfato y seleniato/sulfato. Los resultados fueron ajustados a los modelos de Freundlich y Sibbesen y el sistema selenito/fosfato fue modelado a través de una ecuación multicomponente tipo Freundlich. Además, se realizó un estudio de invernadero con *L. perenne* cv. Aries, utilizando como fuentes de Se selenito y seleniato de sodio y dosis de aplicación de Se entre 0 y 10 mg kg⁻¹. El ensayo fue evaluado a un corte, determinándose la concentración de Se foliar. La adsorción de seleniato en el suelo disminuyó 3 veces más que la adsorción de selenito en el rango de pH 4,0 a 8,0, debido a que ambos aniones se adsorben por mecanismos diferentes en el suelo. En el sistema binario selenito/fosfato no hubo simetría en la competencia, siendo fosfato un competidor más fuerte que selenito, debido a que la competencia no sólo ocurre por los sitios de adsorción, sino que también involucra efectos derivados de la penetración a la superficie. Por su parte, sulfato disminuyó la adsorción de seleniato a razones molares seleniato/sulfato inferiores a 3, lo que implica que existe un importante efecto de competencia a las tasas aplicadas de ambos nutrientes al suelo. Los estudios de invernadero señalan que las plantas tratadas con seleniato registraron una concentración de Se significativamente superior a las plantas tratadas con selenito debido a que: (i) selenito es más fuertemente adsorbido y, por lo tanto, es menos disponible que seleniato a igual tasa de aplicación al suelo y (ii) a pesar de que ambos aniones son absorbidos rápidamente por las plantas, existe una menor translocación y más bajas concentraciones de Se foliar en las plantas tratadas con selenito en comparación a seleniato.

AGRADECIMIENTOS: Proyectos Fondecyt 1020934 y MECESUP FRO 0309

PALABRAS CLAVES: selenito, seleniato, andisoles, *Lolium perenne*

CALIDAD DEL SUELO EN RELACIÓN A METALES PESADOS EN CHILE

Eduardo Martínez H.⁽¹⁾, Juan P. Fuentes E.⁽²⁾ y Edmundo Acevedo H.⁽¹⁾

¹ Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Av. Santa Rosa 11.315, Santiago, Chile. (eacevedo@uchile.cl).

² Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Av. Santa Rosa 11.315, Santiago, Chile. (jufuente@uchile.cl).

RESUMEN

El término calidad del suelo (CS) incluye aspectos del medioambiente, la capacidad productiva y la salud de los usuarios de los recursos del suelo. Un aspecto medioambiental que puede ser considerado en la CS es la contaminación por metales pesados (MP). Con el propósito de asociar la CS con la contaminación por MP en distintos medioambientes chilenos, se definieron 6 zonas agroecológicas: Zona Norte (ZN), Zona del Secano de la Cordillera de la Costa de Chile Central (ZSCC), Zona Central de Riego (ZCR), Zona de la Precordillera Centro-Sur (ZPCS), Zona del Secano Interior de la Cordillera de la Costa Sur (ZSICS), y Zona Húmeda del Sur (ZHS). En cada zona se caracterizó la actividad agropecuaria y se seleccionaron dos a tres suelos de importancia agrícola, preferentemente con propiedades edáficas contrastantes (ejm.: distribución del tamaño de partículas, contenido de materia orgánica, drenaje, conductividad eléctrica, pH) que pueden ser asociadas a la biodisponibilidad de MP. La relación propiedad edáfica - biodisponibilidad de cada metal fue evaluada según antecedentes bibliográficos. Se definieron rangos cualitativos (bajo, medio y alto) de biodisponibilidad potencial de Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Hg y Pb para cada suelo. Adicionalmente, se seleccionaron cultivos de consumo frecuente realizados en cada zona agroecológica y se analizó su afinidad por cada metal, estableciéndose para cada suelo criterios teóricos de restricción de uso. Maíz (*Zea Mays*) presentó un bajo número de MP de alto potencial de transferencia a los granos (As en la ZN y Cd y Pb en el resto de las zonas). Lechuga (*Lactuca sativa*) presentó un alto potencial de transferencia a las hojas para varios elementos: Mn y Ni en los suelos de la ZSICS y ZHS, Cu y Zn en las zonas ZN, ZSCC, ZCR y ZPCS, As en la ZN, y Cd y Pb en las zonas ZSCC, ZCR, ZPCS, ZSICS y ZHS. El pH del suelo presentó una alta asociación propiedad edáfica-biodisponibilidad. Se concluyó que la aproximación utilizada es útil para definir riesgos potenciales de transferencia de MP a los cultivos más comunes del país. El establecimiento de normas de restricción para un cultivo en un suelo requiere de estudios más específicos de biodisponibilidad, absorción, translocación y acumulación de MP en la planta.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto *Criterios de Calidad de Suelos y Aguas de Riego* (SAG)

PALABRAS CLAVES: calidad de suelo, metales pesados.

RESPUESTA BIOLÓGICA Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DEL TRÉBOL SUBTERRÁNEO EN SUELOS DEL SECANO DE LA CORDILLERA DE LA COSTA (VI REGIÓN) TRATADOS CON LODOS

María Adriana Carrasco R.⁽¹⁾, Carolina Martínez S.⁽¹⁾, José D. Opazo A.⁽¹⁾, Olga León S.⁽¹⁾, Inés Ahumada T.⁽²⁾, Gabriela Castillo M.⁽³⁾ y Cristina Pedraza J.⁽¹⁾

^{1.} *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago, Chile. (acarrasc@uchile.cl)*

^{2.} *Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Casilla 233. Santiago*

^{3.} *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Casilla 2777, Santiago*

RESUMEN

La baja fertilidad de los suelos de la VI Región se puede mejorar con la siembra de trébol subterráneo en la pradera y el uso de fertilizantes, lo cual podría ser complementado con la aplicación de lodos (biosólidos) provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas. Sin embargo, esto implicaría también el aporte de metales pesados (MP). En este trabajo se evalúa la aplicación de lodo en trébol subterráneo inoculado mediante un ensayo de invernadero, con un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial 4x3, con los factores suelo (dos de la Serie Lo Vásquez y dos de la Serie Marchihue) y acondicionamiento: sin fertilizar (T), fertilización química (FQ) [100 mg de N, 100 mg de P, 150 mg de K, 51 mg de S y 2,8 mg de B por maceta; y aplicación de 30 Mg ha⁻¹ de lodo (L)]. Se evaluó la materia seca aérea (MSA) y radical (MSR), número de nódulos, y concentración de MP en parte aérea y radical. Mediante ANDEVA, con $\alpha=0,05$, se encontraron diferencias entre acondicionamientos para MSA, MSR y nódulos; y además, entre series de suelo para MSA (mayor en la Serie Marchihue). En los tratamientos con lodo la MSA fue menor que en FQ pero mayor que en T, los nódulos fueron blancos y su número fue menor que en los tratamientos con FQ. Según estas características la fijación simbiótica sería inefectiva por el alto y continuo aporte de nitrógeno del lodo. La aplicación de lodo a los suelos incrementó significativamente las concentraciones de N, Mg, Zn y Cu en la MSA. El Mn, Zn, Cu y Cd tienden a traslocarse a la parte aérea, Fe y Ti se concentran en la raíz y Cr y Pb quedan en la raíz. El trébol subterráneo responde positivamente a la aplicación de lodo y no se vería afectado por los MP. Sin embargo, aplicaciones sucesivas de lodo podrían incrementar las concentraciones de Mn, Zn, Cu y Cd en el tejido vegetal a niveles no deseables en un sistema sustentable.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt N° 1020129

PALABRAS CLAVES: lodo, metales pesados, trébol subterráneo

BIOTOXICIDAD DEL COBRE EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA

Alexander Neaman⁽¹⁾, Gonzalo Ávila^(2,3), Hernán Gaete O.⁽²⁾ y Marco Cisternas V.⁽¹⁾

^{1.} Área Medio Ambiente, Facultad de Agronomía, P. Universidad Católica de Valparaíso, San Francisco s/n, La Palma, Casilla 4-D, Quillota, Chile. (alexander.neaman@ucv.cl)

^{2.} Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Av. Gran Bretaña 1111, Playa Ancha, Valparaíso, Chile. (hernan.gaete@uv.cl)

^{3.} Programa de Magíster en Producción Agroambiental, Facultad de Agronomía, P. Universidad Católica de Valparaíso, San Francisco s/n, La Palma, Casilla 4-D, Quillota, Chile. (gonzalooa2000@hotmail.com)

RESUMEN

La actividad económica más importante de Chile es la minería del cobre y, probablemente, la que también genera más problemas ambientales. Entre éstos destacan los efectos de sus elementos traza con características tóxicas. A pesar de lo anterior, existe escasa información sobre el real impacto que ha producido esta actividad sobre los ecosistemas, especialmente en relación a la distribución y biodisponibilidad de cobre en suelos agrícolas. El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad ecotoxicológica de algunos suelos agrícolas localizados en las inmediaciones de las actividades mineras de la cuenca del Río Aconcagua. Se determinaron las características físicas (granulometría) y químicas (materia orgánica, pH, cobre total, cobre extraíble y ión Cu^{+2} libre en solución de KNO_3 0,1 M) y toxicidad aguda y crónica sobre la lombriz *Eisenia foetida*. Las concentraciones de cobre total fluctuaron entre 65 mg kg^{-1} (San Felipe) y 1.565 mg kg^{-1} (Chagres). El cobre extraíble fue menor del 1% del cobre total, mientras que el Cu^{+2} resultó ser menor del 1% del cobre en la solución. Aunque estas concentraciones de cobre no provocaron toxicidad aguda en *Eisenia foetida*, sí afectaron sus parámetros reproductivos a través de una disminución en la producción de cocoones. El efecto mayor fue observado en el suelo obtenido en las cercanías de la Fundición Chagres, con un 84% de disminución. De este modo, se concluye que los suelos agrícolas estudiados presentan una calidad ecotoxicológica adversa comprobada a través de toxicidad crónica sobre *Eisenia foetida*.

PALABRAS CLAVES: suelos agrícolas, cobre, bioensayos de toxicidad, *Eisenia foetida*

ISOTERMAS DE ADSORCIÓN EN SISTEMAS MONO- Y MULTICOMPONENTE DE COBRE, PLOMO, NIQUEL Y ZINC EN SUELOS TRATADOS CON LODOS

Marcia Cazanga S., Antonio Reyes R., Gerardo Galindo G. y Mauricio Escudey C.

Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile. Av. L. Bernardo O'Higgins 3363, Estación Central. Casilla 40-Correo 33, Santiago Chile. (mcazanga_lauca.usach.cl)

RESUMEN

El impacto que puede producir la adición de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas domiciliarias en los suelos destinados a la producción agrícola es una preocupación a nivel mundial. Esta fuente de contaminación puede generar soluciones multicomponentes en donde la interacción suelo-metales pesados puede verse afectada por la competencia entre ellos, lo que puede afectar la movilidad y la retención de los metales pesados en el suelo. La adsorción por competencia de los metales pesados ha sido estudiada por algunos investigadores en sustratos simples y en minerales sintéticos. En la presente investigación, se determinó la modificación de las interacciones de Cu, Pb, Ni y Zn con el suelo a consecuencia de la competencia de los iones presentes por los sitios de adsorción disponibles en dos andisoles. La adsorción mono y multicomponente de Cu, Pb, Ni y Zn se realizó mediante ensayos en batch, para lo cual se utilizaron los nitratos de los cationes en KNO_3 0,1 M para mantener la fuerza iónica constante. La adsorción de los iones se siguió por ICP-OES y se utilizó el modelo de Langmuir para determinar la capacidad de adsorción máxima y la afinidad de los cationes. La caracterización de los suelos en estudio se realizó según los procedimientos habituales. En los ensayos en competencia se observa una reducción de la adsorción en los suelos control, las constantes de adsorción máxima mono y multicomponente para el suelo Diguillín son 38,2 y 33,3 mmol kg^{-1} para Cu, 48,1 y 30,0 mmol kg^{-1} para Pb, 5,4 y 2,1 mmol kg^{-1} para Ni y 18,0 y 8,1 mmol kg^{-1} para Zn, respectivamente. El suelo Ralún presentó valores más bajos para ambos ensayos pero siguiendo la misma tendencia. Las isothermas de adsorción muestran que la aplicación de lodos aumenta la adsorción y la magnitud de las constantes de adsorción máxima y de afinidad para todos los cationes. Los resultados sugieren que el suelo Diguillín es capaz de recibir y retener una mayor carga de metales pesados comparado con el suelo Ralún, siendo más vulnerable a una carga de metales pesados.

AGRADECIMIENTOS: a DICYT/USACH Y FONDECYT 1030778

PALABRAS CLAVES: isothermas de adsorción, metales pesados, mono- y multicomponente

ADSORCIÓN DE SULFATO Y FOSFATO SOBRE ALOFANES NATURALES Y SINTÉTICOS

Alejandra A. Jara C. y María de la Luz Mora G.

Departamento de Ciencias Químicas, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración, Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145, Temuco, Casilla 54-D, Temuco, Chile. (alajara@ufro.cl)

RESUMEN

Azufre y fósforo son nutrientes esenciales para las plantas y, por lo tanto, de gran importancia agronómica y ambiental. Estos elementos son adsorbidos como sulfato (SO_4^{2-}) y fosfato (H_2PO_4^-) sobre minerales de carga variable (alofán y óxidos de Al y Fe) y suelos (andisoles y ultisoles). Los alofanos son aluminosilicatos amorfos que presentan predominio de enlaces Si-O-Al, cuya razón molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ varía entre 1 y 2 y alta reactividad superficial. Los compuestos alofánicos son predominantes en andisoles. Algunos autores han afirmado que los mecanismos de adsorción de SO_4^{2-} y H_2PO_4^- son similares, sin embargo, SO_4^{2-} es adsorbido menos que H_2PO_4^- y no compite fuertemente con H_2PO_4^- . El H_2PO_4^- se adsorbe formando complejos de esfera interna por mecanismos de intercambio de ligantes, mientras que SO_4^{2-} se adsorbe formando complejos de esfera externa e interna. Ambos procesos de adsorción se han relacionado a través de mecanismos competitivos entre estos iones, y aunque existen algunos estudios fisicoquímicos que han tratado de relacionar ambos mecanismos, en la actualidad no existe claridad al respecto. El objetivo es estudiar la de adsorción de SO_4^{2-} y la competencia que se puede establecer con H_2PO_4^- en condiciones controladas (de temperatura, fuerza iónica y pH) sobre suelo y un alofán recubierto con óxidos de hierro sintético (AlSiFe). Experimentos de adsorción de SO_4^{2-} y H_2PO_4^- realizados en batch bajo condiciones controladas, mostraron que H_2PO_4^- se adsorbe entre 4 y 6 veces más que SO_4^{2-} a pH 5,0 en el andisol y el AlSiFe, respectivamente. En experimentos de adsorción de SO_4^{2-} en presencia de cantidades equimolares de H_2PO_4^- en el rango de pH 4,0 a 7,0, la adsorción de SO_4^{2-} disminuyó significativamente, particularmente a bajos valores de pH (48% a pH 4,5, 35% a pH 5,5 y 25% a pH 6,0). La gran capacidad de H_2PO_4^- en impedir la adsorción de SO_4^{2-} resultó evidente al agregar cantidades crecientes de SO_4^{2-} en soluciones que contienen una concentración de H_2PO_4^- constante ($1,9 \text{ mmol L}^{-1}$) a pH 4,5, de tal manera de tener una razón molar inicial de $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ de 0 a 10. Para alcanzar una razón molar de $\text{SO}_4^{2-}/\text{PO}_4$ adsorbida ≥ 1 , fue necesario alcanzar una razón molar inicial $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^- > 4$. Esto sugiere una competencia entre H_2PO_4^- y SO_4^{2-} por sitios de adsorción, a través de la alta afinidad o el efecto de acción de masa de la concentración incrementada de SO_4^{2-} .

AGRADECIMIENTOS: Proyectos Fondecyt 2000110 y 7990087.

PALABRAS CLAVES: alofán, adsorción, sulfato, fosfato

IMPACTO DE LAS CENIZAS PROVENIENTES DE INCENDIOS FORESTALES EN EL MOVIMIENTO DE C Y N EN SUELOS VOLCÁNICOS

Mauricio Escudey C.⁽¹⁾, Juan E. Förster M.⁽¹⁾, Nicolás Arancibia⁽¹⁾, Gerardo Galindo G.⁽¹⁾ y Andrew C. Chang⁽²⁾

¹ *Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile. Av. L. Bernardo O'Higgins 3363, Estación Central, Casilla 40 – Correo 33, Santiago, Chile.*

² *Department of Environmental Sciences, University of California, Riverside, CA 92521, USA*

RESUMEN

Las suspensiones de cenizas provenientes de incendios forestales tienen valores de pH que fluctúan entre 8,5 y 13 en función del grado de formación de carbonatos u óxidos de Ca, Mg, K o Na, durante la combustión de la materia orgánica, que depende de la temperatura alcanzada durante el incendio. La distribución de estas cenizas sobre el suelo y la infiltración de la solución lixiviada a consecuencia de irrigación o lluvia originan modificaciones en la distribución de C y N en el perfil. Para estudiar el impacto de las cenizas se empleó columnas de lixiviación de 10 cm de diámetro conteniendo 25 cm de altura de los suelos Diguillín, Ralún, Nueva Braunau, Collipulli y Metrengo. Para cada suelo se utilizó una columna control y tres columnas a las que se agregó 60 g de cenizas provenientes de quemas de pino insignie, eucaliptus o bosque nativo. A cada columna se agregó un volumen de poro de agua destilada por semana durante 12 semanas, después de lo cual se dividió cada una en cinco secciones determinando N total y C total por combustión y C fácilmente oxidable por el método de Walkley-Black, en cada sección. Durante el proceso de lixiviación sólo en el suelo Ralún se evidenció pérdida de materia orgánica a través de la absorbancia del lixiviado a 465 y 665 nm, la cual es mínima con respecto al total de C contenido en la columna de suelo. El balance de C y de N demuestra que el contenido total de ambos no se ve mayormente afectado por la acción de la ceniza al considerar los 25 cm de columna. Sin embargo, al observar la distribución de C y N en cada sección de columna se deja en evidencia una reducción de C y N en el primer horizonte y un aumento en diferentes secciones en profundidad; este efecto es de mayor magnitud en andisoles que en ultisoles. Las cenizas provocan una disolución de la materia orgánica del suelo movilizandando C y N, las especies disueltas se readsorben y son retenidas en distintas profundidades, en función de las características del suelo. Así en el suelo Nueva Braunau la adsorción ocurre entre los 5 y los 15 cm, mientras que en el suelo Collipulli esto ocurre entre los 15 y 25 cm de profundidad.

AGRADECIMIENTOS: DICYT/USACH y Fondecyt 1030778

PALABRAS CLAVES: cenizas, incendios, materia orgánica, carbono, nitrógeno.

EFFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA Y pH EN LA ADSORCIÓN DE 2,4-DICLOROFENOL Y PENTACLOROFENOL EN UN ANDISOL

Mara Cea L., Olga Rubilar A., Gonzalo Tortella F. y María C. Díez J.

Departamento Ingeniería Química, Universidad de La Frontera, PO Box 54-D, Temuco-Chile

RESUMEN

En suelos contaminados, tanto propiedades físicas, químicas, y características biológicas del suelo, así como las propiedades químicas de un contaminante, controlan su destino y transporte. El proceso de adsorción de clorofenoles se verá fuertemente influenciado por su grado de sustitución con cloros y resultante hidrofobicidad. En el rango normal de pH de un suelo, la mayoría de los clorofenoles se encontrarán total o parcialmente ionizados, viendo se afectada su solubilidad, adsorción, transporte y biodisponibilidad. En este estudio fueron evaluados el efecto del pH (4,5, 6,0 y 7,5) y contenido de materia orgánica en la adsorción de 2,4-diclorofenol (2,4-DCF) y pentaclorofenol (PCF) en un andisol proveniente del sur de Chile. Para evaluar tales efectos se realizaron isoterms de adsorción en los perfiles de suelo 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm. Los contenidos de materia orgánica en los diferentes perfiles fueron de 14,50, 7,06 y 3,85%, respectivamente. La adsorción de clorofenoles se vió fuertemente influenciada por el pH, disminuyendo a medida que este aumenta, encontrándose en estrecha relación con los valores de pKa de los compuestos. El efecto del aumento del pH fue mayor en la adsorción de PCF debido a que en el rango de pH estudiado, PCF se presentó principalmente en forma iónica (pKa = 4,75) a diferencia del 2,4-DCF (pKa = 7,85). A medida que disminuyó el contenido de materia orgánica en el perfil del suelo, la adsorción de 2,4-DCF y PCF disminuyó gradualmente. Como consecuencia de la reducción de la materia orgánica, la constante K_f de Freundlich a diferentes valores de pH disminuyó prácticamente a la mitad en el orden 40-60 cm < 20-40 cm < 0-20 cm, disminución aproximadamente paralela a la disminución del contenido de materia orgánica, esto debido a que la adsorción de compuestos orgánicos ionizables generalmente se ha asumido como un particionamiento hidrófobo de las especies neutras en la materia orgánica del suelo.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto FONDECYT 1050614

PALABRAS CLAVES: clorofenoles, adsorción, andisol.

CONTRIBUCIONES MODALIDAD POSTER

DINÁMICA DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS CON Y SIN LA INCORPORACIÓN DE GUANO BROILER

Paulina Pino G., María Teresa Varnero M. y Pablo Alvarado V.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (mvarnero@uchile.cl); (palvarad@uchile.cl)

RESUMEN

Considerando que en los últimos años ha incrementado la superficie plantada de vid para vinos y pisco, que durante el proceso de fermentación del mosto se producen residuos sólidos orgánicos (hollejo, escobajo y pepa [HEP]) y que, en general, los suelos presentan bajo contenido de materia orgánica; el compostaje es una alternativa idónea para el manejo de estos residuos, ya que el compost resultante es un acondicionador y mejorador de las propiedades físicas, químicas, biológicas y fisicoquímicas del suelo. Para evaluar y comparar el proceso de compostaje, se utilizaron dos materias primas, HEP y guano broiler, con las cuales se confeccionaron dos de pilas con volteo: HEP (testigo) y HEP + guano broiler (HEPGB). Al final de la etapa termofílica ambos tratamientos fueron subdivididos para inocularlos. Se midió periódicamente las temperaturas internas de cada pila de compost y se realizaron los análisis de pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de humedad, C_{org} y N_{total} . Para determinar el término de la etapa de maduración, se realizaron los análisis de relación C/N, respirometría (parámetro del Grupo 1) y porcentaje de germinación de rabanito (parámetro del Grupo 2), según la Norma Chilena de Compost, NCh 2880 (INN, 2004). El compostaje de HEP duró 47 semanas y, de ellas, 22 semanas correspondieron a la fase termofílica y 25 a la etapa mesofílica de maduración. En el caso de HEPGB, el proceso duró 30 semanas, de las cuales 9 semanas fueron de temperaturas termofílica y 21 de temperaturas mesofílica de maduración. Por tanto, la incorporación de guano broiler a los residuos vitivinícolas, aceleraría el proceso de compostaje. La inoculación del testigo se realizó en la semana 40 y la de HEPGB en la semana 17. Ningún tratamiento presentó diferencias significativas entre las subdivisiones inoculadas versus las no inoculadas en las temperaturas mesofílicas de maduración. Los compost obtenidos en cada tratamiento, cumplieron con el Índice de Madurez exigido por la NCh 2880. El testigo calificó como compost Clase A, porque presentó CE menor a 3 dSm^{-1} , relación C/N inferior a 25/1 y pH neutro. En cambio, el compost de HEPGB resultó Clase B, porque su CE fue de 4 dSm^{-1} , a pesar de tener una relación C/N menor a 25/1 y pH ligeramente alcalino.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto FONDEF D 03 I 1036

PALABRAS CLAVES: compostaje, inoculación, compost

EFFECTO DE BIOSÓLIDOS EN ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE SUELOS INCUBADOS EN LABORATORIO

Gilda Borie B., Gonzalo Santander, Pedro Peirano V., S. María Aguilera S.

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Olivos 1007, Independencia, Casilla 233, Santiago, Chile (gborie@ciq.uchile.cl)

RESUMEN

En Chile, la implementación de plantas de tratamiento de aguas servidas avanza firmemente a lo largo del país, lo que constituye un logro desde el punto de vista medio ambiental pero trae consigo una gran producción de residuos que van a saturados vertederos. En busca de una aplicación sustentable de estos lodos en sistemas agroforestales se han desarrollado numerosos estudios, en este trabajo se hará un seguimiento de la actividad biológica, en suelos tratados con biosólidos, a través de actividades enzimáticas y determinación del carbono lábil o fácilmente disponible, para apreciar si los cambios en el ecosistema afectan a la microflora. Se utilizaron suelos de la V Región bajo bosque adulto de eucaliptus y suelos de la VI y VII regiones que se encuentran con plantaciones de bosque de pino juvenil y adulto. Se incubaron estos suelos con dosis de lodo equivalente a 400 y 800 kg de N por hectárea, durante 40 días en condiciones controladas de temperatura y humedad. Se caracterizan los suelos y muestrean periódicamente para determinar deshidrogenasa, arilsulfatasa e hidratos de carbono totales. Los efectos de la incubación de suelo-lodo sobre la actividad deshidrogenasa son inmediatos, provocando un aumento de ésta principalmente la dosis 800 kg con respecto al testigo. Este aumento es mantenido, especialmente en suelos más deficitarios. Los hidratos de carbono totales aumentan con respecto a los testigos proporcionalmente a la dosis de lodo aplicada, existe una evidente correlación entre ellos y la actividad deshidrogenasa. La actividad de arilsulfatasa es bastante alta respecto a la informada por otros autores y se mantiene inalterada por el tratamiento. En los incubados el pH de los suelos con lodo disminuye con respecto a los testigos, siendo la disminución más considerable a medida que aumenta la dosis. Los datos indican que el tratamiento con lodos en las dosis indicadas, no tiene efectos negativos para la microflora ya que las actividades enzimáticas, usadas como parámetros de calidad de suelo, se mantienen ó aumentan.

PALABRAS CLAVES: biosólidos, lodos, deshidrogenasa en suelos, arilsulfatasa

CARACTERIZACIÓN DE LA MICORRIZACIÓN EN UN ECOSISTEMA BOSCOZO DE *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) KRASSER, PRESENTE EN EL PARQUE NACIONAL VILLARRICA, IX REGIÓN, CHILE.

Rubén Carrillo L.⁽¹⁾, José Villegas M.⁽¹⁾ y Marcelo Rodríguez B.⁽²⁾

¹. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera. Francisco Salazar 01145, Casilla 54 - D, Temuco, Chile. (rcarril@ufro.cl)

². Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Católica de Temuco, Casilla 15 – D. Temuco. Chile. (marodrig@uct.cl)

RESUMEN

Los procesos de micorrización favorecen la agregación del suelo mejorando la retención de agua, porosidad y ampliando el ámbito de acción radicular para la obtención de nutrientes. Lo anterior es posible gracias a una compleja red de hifas, a través de las cuales se interconectan las especies vegetales, adquiriendo importancia la traslocación bidireccional de hidratos de carbono en el ciclado de los nutrientes y en la estructura y estabilidad de las comunidades vegetales. El presente trabajo caracteriza la micorrización de la flora vascular asociada a un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*) (Poepp. Et Endl.) Krasser, ubicado en los faldeos del volcán Villarica, Cordillera de los Andes, IX Región, Chile. Los suelos se caracterizan por ser provenientes de escoria volcánica constituídos principalmente por granodioritas y volcanitas andesítico-basálticas. El estudio de la comunidad vegetal se realizó de acuerdo a la metodología fitosociológica de Braun-Blanquet. Para establecer la presencia de micorriza arbuscular (MA), el material radical fue teñido de acuerdo al método propuesto por Koske y Gemma (1989) y su evaluación se realizó al microscopio óptico. La ectomicorrización se evidencia con la presencia de manto fúngico en los ápices de las raíces laterales y la caracterización morfológica del sistema radical, se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Brundrett *et al.*, (1996) con la utilización de lupa estereoscópica. De acuerdo a los resultados encontrados, las formas de vida predominantes corresponden a la fanerófitica y hemicriptófitica con un 51,5% y 33,3% respectivamente, lo cual determina la presencia de un bosque con características caducas. Se evidencia un predominio de los hongos MA (84,8%) presente en las especies vegetales componentes del bosque, sin embargo el fenómeno de ectomicorrización (EC) adquiere la mayor importancia a nivel rizosférico, debido a que la comunidad vegetal está determinada por la especie *Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser, la cual aparece asociada al simbiote *Cortinarius magellanicus*

PALABRAS CLAVES: micorrizas, simbiosis, lenga, escoria volcánica

EFFECTOS DE LOS RESIDUOS POST-FAENAS SILVÍCOLAS SOBRE LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y ENZIMÁTICA EN UN PLANTACIÓN DE *Pinus radiata* D DON. DE DISTINTAS EDADES Y A DISTINTAS ESTACIONALIDADES

Marysol Alvear Z.⁽¹⁾, Marcia Astorga⁽¹⁾, Francisco Reyes⁽¹⁾ y Alejandro Espinosa⁽²⁾

^{1.} Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera. Avenida Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D. Temuco, Chile. (malvear@ufro.cl)

^{2.} Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de La Frontera. Avenida Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D. Temuco, Chile.

RESUMEN

El suelo debe considerarse como un medio vivo donde se establece una dinámica particular entre la materia orgánica aportada de los residuos vegetales provenientes de faenas silvícolas y una serie de organismos que habitan el suelo provocando cambios químicos, físicos y bioquímicos, por lo que el estudio de la actividad biológica del suelo resulta de gran importancia en la evaluación de su fertilidad y capacidad productiva. Se plantean los siguientes objetivos: 1) cuantificar los efectos de los residuos vegetales, provenientes de faenas silvícolas (raleo y poda), sobre la biomasa microbiana y algunas enzimas del suelo; 2) Detectar los posibles cambios estacionales en la actividad microbiana y enzimática del suelo. Se tomaron muestras de suelo (0-15 cm) para un rodal de 8 y uno de 10 años, en una plantación de *Pinus radiata* D Don. en el invierno y en la primavera del año 2004. Los parámetros evaluados fueron: pH y porcentaje de humedad del suelo, hidrólisis de la fluoresceína diacetato, carbono y nitrógeno biomásico y la actividad de la β -glucosidasa, carboximetilcelulasa y fosfatasa ácida. Los valores promedios obtenidos para los parámetros bioquímicos denotan una clara variación estacional, siendo mayor la actividad microbiana y enzimática en invierno que en primavera. Estos resultados se deberían, entre otros factores, a la mayor acumulación de residuos vegetales provenientes de faenas silvícolas, tanto en el rodal de 8 años como en el de 10 años, lo cual favorece una mayor tasa de liberación de sustratos para los microorganismos los cuales utilizan como fuentes de energía; la generación de microclimas producto de la deposición del material vegetal de desecho, lo cual es capaz de mantener un nivel constante de humedad favorable para la actividad microbiana, este nivel de humedad en la estación primaveral desciende significativamente y la condición de pH del suelo se aleja del rango óptimo para la actividad de las distintas enzimas ensayadas.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DIDUFRO N° 120316

PALABRAS CLAVES: actividad enzimática, biomasa microbiana, residuos silvícolas

PROSPECCIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUBSTRATO DE EPIFITAS VASCULARES Y SUELO FORESTAL EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL CENTRO-SUR DE CHILE

Francisco Reyes ⁽¹⁾, Silvana Zanetti ⁽²⁾, Alejandro Espinosa ⁽²⁾, Marysol Alvear Z. ⁽¹⁾

^{1.} Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera. Avenida Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D. Temuco, Chile. (fjavier_reyes@yahoo.com; malvear@ufro.cl)

^{2.} Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de La Frontera. Avenida Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D. Temuco, Chile.

RESUMEN

La colonización de árboles por epífitas vasculares depende de las características del sustrato, como exudados de corteza o depósito de material vegetal proveniente de la descomposición de epífitas no vasculares, como musgos y hepáticas. Si bien, en los bosques tropicales se han realizado una serie de investigaciones respecto de la relación entre el sustrato y las plantas epífitas vasculares, no existen antecedentes para los bosques templados, que es el tipo de vegetación predominante en Chile. Es por esto que se plantea la necesidad de ampliar el conocimiento del ciclo de nutrientes a nivel de éstos ecosistemas. Se plantean los siguientes objetivos: 1) cuantificar la biomasa microbiana del sustrato orgánico de las epífitas vasculares que crecen sobre los fustes, y del suelo forestal aledaño a los árboles; 2) comparar los niveles de actividad microbiana entre ambos sustratos. En un bosque de la asociación *Lapagerio-Aextoxiconetum* se seleccionaron al azar 3 árboles que tenían vegetación epifítica vascular; se extrajo humus existente sobre los fustes y en el suelo aledaño a los individuos arbóreos (*Aextoxicon punctatum* R. et P y *Nothofagus obliqua* Mirb Oerst) con exposición oeste. Para cada situación, se registró la temperatura del suelo. Los parámetros evaluados fueron hidrólisis de la fluoresceína diacetato (FDA), carbono y nitrógeno biomásico (CBM y NBM, respectivamente). Los resultados obtenidos indican que la hidrólisis de la FDA junto con el CBM y NBM son significativamente mayores en el sustrato de las epífitas que en el suelo forestal; ello se debería a las mayores condiciones de humedad y temperatura dada la exposición que presentan los árboles y dada la capacidad de las plantas epífitas de establecerse en microclimas específicos, en cuanto a humedad y temperatura, y al igual que las demás plantas vasculares, son capaces de interactuar con el sustrato en el cual se desarrollan. Esta interacción se realizaría con la retención del sustrato a través de las raíces y el aporte de material vegetal, que es descompuesto por los microorganismos existentes, generando una mayor actividad microbiana que deriva en la liberación de sustratos, principalmente compuestos nitrogenados y carbonados.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DIDUFRO N° 120316.

PALABRAS CLAVES: actividad microbiana, epífitas vasculares, hidrólisis de la FDA

ASPECTOS QUÍMICO-BIOLÓGICOS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO AGRÍCOLA A FORESTAL BAJO BOSQUE EXÓTICO.

Juan Luis Rouanet M.^(1,2), Marysol Alvear Z.⁽³⁾, Blanca Villalobos A.⁽³⁾, Galo Paiva C.⁽³⁾ y Nelba Gaete C.⁽¹⁾

^{1.} CRI Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Km 10 Camino Cajón-Vilcún, Casilla 58-D, Temuco, Chile. (jrouanet@inia.cl)

^{2.} Fac. Cs. Agronómicas, Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D, Temuco.

^{3.} Fac. de Ingeniería, Ciencias y Administración, Universidad de La Frontera, Av. Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D, Temuco, Chile..

RESUMEN

La conservación de suelos consiste en el uso y manejo del recurso suelo para mantener y/o manejar su capacidad productiva en función de sus aptitudes, limitantes y potencialidades. Varios estudios coinciden en señalar que la mejor forma de evitar la degradación y erosión de los suelos es el aumento, restitución y/o mantención de la cubierta vegetal. La hidrólisis de la fluoresceína diacetato (FDA), como una propiedad biológica del suelo relacionada con la actividad microbiana global y las actividades enzimáticas, indica indirectamente la asimilación y transformación de la materia orgánica (MO) agregada al suelo y dada su sensibilidad al estrés ambiental, resulta ser un buen indicador de la calidad bioquímica de los suelos. Se tomaron muestras de las estratas 0-10 cm y 10-30 cm en un suelo de la Asociación Nahuelbuta con diferentes usos de suelos: bosque de 8 años, de 21 años, ambos de *Pinus radiata* D. Don; uso agrícola y; pasto natural no intervenido, para análisis químicos y biológicos. El ecosistema pasto natural presenta el mayor contenido de MO y actividad FDA en superficie, indicando un constante, aunque reducido, ingreso de C al suelo que favorece la mantención de la biomasa edáfica. El ecosistema agrícola, en este suelo de 15% de pendiente, manejado con eliminación del rastrojo por fuego, inversión de suelo y un período de barbecho, disminuye tanto la actividad biológica (actividad FDA) como el contenido de MO. En el ecosistema bosque de 8 años, con el menor contenido de MO, la actividad de FDA es significativamente menor en la estrata superficial, corroborándose la relación entre su actividad con el contenido de MO en el suelo. En el ecosistema bosque de 21 años, donde se restituye y mantiene la cobertura del suelo por un mayor período, se observa un aumento de la actividad de FDA y el contenido de P-Olsen. Esto puede indicar que la estrata superficial del suelo de la Asociación Nahuelbuta, en condiciones del secano interior de la IX Región se encuentra en proceso de recuperación de su calidad bioquímica al cambiar de un uso agrícola a forestal con bosque exótico.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DIDUFRO N° 120316 y CHI/05/021, OIEA.

PALABRAS CLAVES: hidrólisis de la FDA, cambio de uso de suelos, *Pinus radiata*

UTILIZACIÓN DE LA HIDRÓLISIS DE LA FLUORESCÉINA DIACETATO (FDA) COMO INDICADOR DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN SISTEMAS AGROFORESTALES

Marysol Alvear Z., Marcia Astorga, Angela Sánchez, Francisco Reyes

Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera. Avenida Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D. Temuco, Chile. (malvear@ufro.cl)

RESUMEN

Debido al incremento en la tasa de degradación de los suelos agrícolas, producto de una sobreexplotación de los mismos, se hace necesario implementar bioindicadores de la calidad del suelo, los que deben ser rápidos de determinar y fáciles de llevar a cabo, ser capaces de responder en forma temprana a cambios en el uso del recurso y ser, por sobre todo, confiables. Es por esto que, desde hace algún tiempo, se viene utilizando la hidrólisis de la fluoresceína diacetato (FDA) como un indicador de la actividad microbiana global activa de los suelos sometidos a distintos tipos de manejo, con el fin de determinar cuál sistema favorece la actividad microbiana global, lo que se traduce, en una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Se plantea como objetivos: 1) cuantificar y comparar la hidrólisis de FDA en suelos sometidos a distintos tipos de manejo en sistemas agroforestales y 2) comparar la eficacia de este parámetro en suelos sin esterilizar y esterilizados. Se determinó la actividad de este parámetro en varios suelos agroforestales de la IX Región (andisoles, ultisoles y transicionales) encontrándose mayores valores de FDA en suelos bajo bosque nativo, sistemas conservacionistas de manejo y cultivo (orgánico>cero labranza>labranza convencional) y plantación exótica, respectivamente. Los niveles de FDA en bosque nativo pueden llegar a duplicar o triplicar los niveles de los sistemas conservacionistas. En plantación exótica, los valores de FDA, dependiendo de la estacionalidad, pueden llegar a tener los mismos niveles de actividad que en los suelos agrícolas. Este parámetro también puede indicar un comportamiento medio global de la biomasa microbiana, de acuerdo con el origen de los suelos y sus propiedades físico-químicas. Así, se obtuvo un mayor valor de FDA en andisoles, transicionales y ultisoles, respectivamente. Además, para corroborar la eficacia de este parámetro, se midió en suelos sin esterilizar y esterilizados, encontrándose una alta eficiencia de este indicador, existiendo una diferencia del orden de 400% a favor del suelo sin esterilizar, y una bajísima presencia de actividad microbiana en el suelo esterilizado.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DIDUFRO N° 120316

PALABRAS CLAVES: hidrólisis de la FDA, calidad del suelo, sistemas agroforestales

ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS ASOCIADAS A DISTINTOS SISTEMAS DE LABRANZA EN UN SUELO TRANSICIONAL DEL SUR DE CHILE SOMETIDO A UN CULTIVO DE TRIGO

Gustavo Curaqueo F.⁽¹⁾, Marysol Alvear Z.⁽²⁾ y Juan Luis Rouanet M.⁽¹⁾

^{1.} Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D, Temuco. Chile

^{2.} Depto. Ciencias Químicas. Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración, Universidad de La Frontera, Av. Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D, Temuco, Chile. malvear@ufro.cl

RESUMEN

Las actividades enzimáticas del suelo son potencialmente utilizables como indicadores de la calidad de éste, y dada su elevada sensibilidad a los cambios temporales del suelo generados por factores medioambientales y de manejo, son consideradas de gran valor para describir el estado microbiológico de este recurso. La importancia de estudiar las actividades enzimáticas, asociadas a distintos manejos de labranza, radica en que las enzimas participan activamente en el ciclado de nutrientes, dejando disponibles elementos importantes para las plantas, como son el C, N y el P. Bajo esta perspectiva, se realizó un estudio que evaluó el efecto de distintos sistemas de labranza sobre las actividades enzimáticas β -glucosidasa, fosfatasa ácida y ureasa en un suelo transicional de la IX Región de La Araucanía, el cual estaba sometido a trigo (*Triticum aestivum* L.), cultivo característico del sur de Chile, que provenía de un cultivo de lupino (*Lupinus angustifolius* L.). Los sistemas de labranza aplicados sobre el suelo estudiado fueron: labranza convencional con quema de residuos anterior a la siembra (LC+Q), labranza convencional sin quema y con incorporación de residuos (LC-Q), mínima labor (ML) y cero labranza (CL). En los sistemas LC-Q, ML y CL se mantuvo una cantidad de 3 ton ha⁻¹ de residuos de lupino, provenientes de la temporada anterior. Los resultados obtenidos, indican que los sistemas de labranza conservacionistas CL y ML presentaron las mayores actividades enzimáticas al contrastarlos con los tratamientos de labranza convencional LC+Q y LC-Q, poniendo de manifiesto que los sistemas de labranza tradicional, donde se invierte el suelo, alteran la dinámica microbiológica del suelo, mientras los sistemas conservacionistas poseen una carga degradativa menor, influenciando de manera positiva la distribución espacial de las enzimas y la actividad de las mismas.

AGRADECIMIENTOS: a Proyecto DIDUFRO N° 120316

PALABRAS CLAVES: sistemas de labranza, actividades enzimáticas, trigo, lupino.

EFFECTIVIDAD SIMBIÓTICA EN CEPAS NATURALIZADAS DE *Sinorhizobium meliloti* AISLADAS DESDE SUELOS ÁCIDOS DE LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE

Howard Langer U.⁽¹⁾, John G. Howieson⁽²⁾ y Fernando Borie B.⁽¹⁾

¹ Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

² Centre for Rhizobium Studies, Murdoch University, Murdoch, WA 6150, Australia.

RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una forrajera perenne que presenta un alto nivel nutritivo en su forraje, alta palatabilidad y digestibilidad. Contribuye a la incorporación de N en los agroecosistemas, lo que conlleva un beneficio tanto económico como ambiental. Debido al carácter ácido de los suelos en los cuales se establece la alfalfa, tanto ésta como su microsimbionte, *Sinorhizobium meliloti*, son altamente sensibles a la acidez y especialmente a Al en solución. Por esto, se hace necesario evaluar el efecto que ejerce la acidez sobre la simbiosis, a fin de poder diseñar estrategias para mejorar la eficiencia en la fijación de N para este importante cultivo. El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto de la utilización de cepas naturalizadas de *S. meliloti* sobre la efectividad simbiótica en alfalfa en suelos con distintos niveles de acidez. Se aislaron cepas de *S. meliloti* desde nódulos de alfalfa provenientes de diferentes localidades de la IX y X regiones. Se evaluó el efecto de la acidez sobre la simbiosis, para lo cual se seleccionaron 11 cepas naturalizadas, 5 cepas referencia (WSM 2114, WSM 826, WSM 419 [*S. medicae*, seleccionada por su efectividad y tolerancia a la acidez], WSM 522 y SRDI 291) y controles con (+N) y sin N (-N). Dichas cepas se inocularon sobre plantas de *M. sativa* L. cv. Sceptre en un suelo bajo 2 niveles de pH (4,9 y 5,7) con 3 repeticiones. A los 45 días se evaluó el peso seco de la parte aérea y el número, color y ubicación de nódulos dentro del sistema radical. La acumulación de materia seca (MS) se utilizó como un índice de la efectividad en la simbiosis. En general, se observó un marcado efecto de la acidez sobre la efectividad simbiótica debido al efecto directo que ejerce la acidez sobre la nodulación, lo que redujo significativamente la fijación de N hacia la planta con una consiguiente reducción del contenido de MS en la parte aérea. Si bien la mayoría de las cepas exhibieron niveles de efectividad inferiores a algunas cepas comerciales (por ej. WSM 826), seleccionada por su alta capacidad de fijación de N, sin embargo, algunas sí mostraron niveles adecuados especialmente en condiciones de mayor acidez. Es así como la cepa 11 presentó la mayor acumulación de MS bajo condiciones moderadas de acidez (pH 5,7), alcanzando un 76,2% del contenido de MS exhibida por WSM 826. Por otra parte, bajo condiciones de alta acidez (pH 4,9) la cepa 15 mostró una acumulación de MS superior al de las cepas comerciales, siendo un 9% y 35,1% mayores que el control +N y la cepa WSM 419, respectivamente.

PALABRAS CLAVES: *Sinorhizobium meliloti*, efectividad simbiótica, alfalfa, acidez

APLICACIÓN DE LODOS DE LA INDUSTRIA DE CELULOSA EN SUELOS DEGRADADOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y SU IMPACTO SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN VEGETAL

Margarita Barrenechea M., Felipe Gallardo A. y María de la Luz Mora G.

Laboratorio de Nutrición Vegetal. Universidad de La Frontera, Depto. de Ciencias Químicas, Facultad de Ingeniería Ciencia y Administración, Casilla 54-D, Temuco, Chile. (gallardo@ufro.cl)

RESUMEN

En las últimas décadas, la industria chilena de celulosa, principalmente basada en el proceso Kraft se ha desarrollado aceleradamente. El proceso de fabricación de celulosa genera grandes cantidades de residuos, uno de ellos son los lodos, los cuales son depositados dentro de la industria, lo que constituye una preocupación económica y ambiental, hasta el momento sin solución. Por esta razón se pretende dar una respuesta al problema que tienen estas industrias, investigando cómo se pueden utilizar estos residuos en prácticas medioambientales. La aplicación de este residuo (lodo), como aditivo, utilizando distintas dosis, en suelos que tienen diferentes niveles de degradación, es una buena alternativa para conocer el aporte que contienen los lodos al ser aplicados a los suelos para una posterior producción vegetal, debido a que su uso facilita el transporte de nutrientes, aumenta la capacidad de retención de agua y sirve como reemplazante parcial de fertilizantes químicos de mayor costo. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos sobre las propiedades químicas y biológicas de suelos degradados (Serie Gorbea y Collipulli), aplicando 0, 10, 20, 30 y 50 ton ha⁻¹ de lodo, suelo Temuco (referencial), y la producción vegetal de *Lolium perenne*. Cada control y tratamiento se mantuvo a 22°C por un periodo total de 90 días en cámara de crecimiento. La caracterización del suelo después de la incubación indicó un incremento en el nitrógeno y fósforo de la Serie Gorbea y Collipulli, además de mejorar el porcentaje de materia orgánica, microelementos y bases, las cuales ayudaron a disminuir el contenido de aluminio. En la producción vegetal se obtuvo en el día 30 para el suelo Serie Gorbea (sin adición de lodo) en relación al suelo referencial, valores de 30% para el parámetro materia seca, llegando a obtener un valor de 150% para la dosis 50 ton ha⁻¹ en el mismo día, superando en la dosis 10 ton ha⁻¹ los valores obtenidos en este parámetro para el suelo Serie Temuco (referencial).

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt N°1040854.

PALABRAS CLAVES: lodos, industria de celulosa, suelos

EFFECTO DEL MANEJO Y ROTACIÓN DE CULTIVO SOBRE LAS ESPORAS DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN UN ULTISOL DE LA IX REGIÓN

Claudia Castillo, Rosa Rubio, Juan L. Rouanet M. y Fernando Borie B.

Universidad de La Frontera. Casilla 54-D. Temuco, Chile. (claudiac@ufro.cl)

RESUMEN

Las esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son una de las formas de propágulo fúngico más importantes para la distribución de las especies. Su abundancia en los suelos está relacionada con algunos parámetros como la humedad, P disponible, contenido de materia orgánica y la acidez. De aquí que el objetivo de este trabajo fue cuantificar la densidad de esporas de HMA en el perfil de un ultisol de la IX Región sometido a distinto manejo agronómico y correlacionarlas con algunas características de dichos suelos. Al cuarto año de iniciado un ensayo con distinto manejo agronómico, en abril del 2004, se muestreó un agroecosistema correspondiente a un ultisol Serie Pumalal (38°40'15''S, 72°31'00''O) con una rotación corta de cereal continuo (trigo-avena) y discontinuo (trigo-lupino) sometidos a labranza convencional (LC) y cero labranza (CL). Los suelos se muestrearon a tres profundidades (0-5 cm; 0-10 cm; 10-20 cm) y provenían de un barbecho de avena y lupino. Para cada tratamiento se utilizaron 4 repeticiones y cada repetición estaba compuesta de 8 submuestras. El número de esporas en el horizonte superficial fue significativamente mayor con hospederos continuos (trigo-avena) en LC seguida por CL, mientras que, con hospederos discontinuos (trigo-lupino) la densidad de esporas fue afectada por la presencia del lupino, una leguminosa que no es micorrizable. Entre 0-10 cm, no se encontraron diferencias en las HMA producidas por el manejo o la rotación; mientras que a la profundidad 10-20 cm el tratamiento que presentó el mayor contenido fue CL con trigo-avena, siendo significativamente menor la densidad fúngica nuevamente con lupino. Una correlación positiva se obtuvo con el pH y entre parámetros del suelo, como pH con P-húmico ($r = 0,80$). De los resultados obtenidos se puede concluir que la densidad de esporas de HMA fue afectada por el manejo en el perfil superficial cuando en la rotación se incluyeron hospederos continuos, pero el tratamiento con lupino fue el que produjo un descenso más dramático de las poblaciones fúngicas, acompañado con un aumento en la actividad fosfatásica; ambos mecanismos actúan sinérgicamente en el ciclo del P.

AGRADECIMIENTOS: a Proyecto Fondecyt 1020306

PALABRAS CLAVES: esporas, hongos micorrízicos, agroecosistema

ACTIVIDAD DE FOSFATASA ÁCIDA LIBRE E INMOVILIZADA EN ARCILLA Y ÁCIDO TÁNICO EN PRESENCIA DE Mn

Anali Rosas G., Roxana López E., Marisol Alvear Z. y María de la Luz Mora G.

*Departamento Ciencias Químicas, Universidad de la Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile,
Fax : 56-45-325053, anali.rosas@gmail.com; mariluz@ufro.cl.*

RESUMEN

En el suelo las enzimas fosfatasas liberada por plantas y microorganismos catalizan la transformación de P orgánico a inorgánico, forma disponible para las plantas. Estas enzimas son importantes especialmente en andisoles que se caracterizan por tener un alto contenido de P orgánico y alta capacidad de retención de P. Debido a su pH ácido estos suelos pueden tener altos niveles de Mn, el cual fluctúa entre 4,5 a 70 mg kg⁻¹. Sin embargo no se ha estudiado el efecto de este micronutriente sobre la actividad fosfatasa ácida en andisoles. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de 2 niveles de Mn sobre la actividad fosfatasa ácida libre e inmovilizada en ácido tánico y en arcilla. Se prepararon complejos con fosfatasa ácida con ácido tánico y con arcilla en presencia de 32 y 64 mg L⁻¹ de Mn⁺². Este es un sistema modelo de suelo en que el ácido tánico es un compuesto similar a los precursores de ácidos húmicos, la arcilla fue extraída de un andisol y se aplicaron niveles de Mn que están dentro los niveles presentes en este tipo de suelos. La aplicación de Mn causó una disminución de 27-29 % de la actividad de la fosfatasa libre en comparación con la enzima a la que no se le aplicó Mn. Este efecto negativo sobre la actividad de la enzima puede deberse a que el Mn en alta concentración podría fijarse a algunos aminoácidos que forman parte del centro catalítico de la enzima reduciendo la velocidad de la catálisis enzimática. Cuando la fosfatasa fue inmovilizada en ácido tánico la actividad de la enzima se redujo a la mitad. Al aplicar 32 y 64 mg L⁻¹ de Mn⁺² se observó una reducción de la actividad de 34 y 40 % en comparación con la actividad de la enzima inmovilizada en ácido tánico. La inmovilización de la fosfatasa ácida en arcilla causó un aumento en la actividad en comparación con la enzima libre y la aplicación de Mn no tuvo un significativo efecto sobre la actividad al inmovilizar primero la enzima en la arcilla y agregar después el metal, mientras que cuando el Mn fue aplicado antes de la inmovilización causó una disminución de 13 y 16 % de la actividad en comparación con la actividad de la enzima inmovilizada en arcilla.

AGRADECIMIENTOS: Fundación Andes proyecto N° C13755-28, Fondecyt N° 1020934, MECESUP FRO 0309.

PALABRAS CLAVES: fosfatasa ácida, ácido tánico, arcilla

SCREENING DE CEPAS DE HONGOS XILÓFAGOS NATIVOS CHILENOS Y SU USO POTENCIAL EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CLOROFENOLES

Gonzalo Tortella F., Olga Rubilar A., Mara Cea L., María de la Luz Mora G. y María C. Díez J.

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de La Frontera, Av. Francisco Salazar 01145, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

RESUMEN

La habilidad de los hongos de pudrición blanca para transformar o metabolizar contaminantes químicos ha recibido mucha atención debido a la persistencia de estos productos en el medio ambiente y su toxicidad. La degradación de xenobióticos a través de hongos es mirado como un método efectivo para remover los contaminantes del medio ambiente por un proceso que es conocido corrientemente como biorremediación. El rol de los hongos y sus limitaciones para ser utilizados en este campo es cada vez más comprendido, por este mismo motivo es muy necesaria la búsqueda y caracterización de nuevas cepas que puedan ser utilizadas. Por lo tanto el objetivo del trabajo fue evaluar cepas de hongos nativos chilenos como uso potencial en el tratamiento de suelos contaminados con clorofenoles. Se evaluó un pool de 53 cepas de hongos nativos chilenos, recolectados en bosques nativos de la IX Región, además de *Phanerochaete chrysosporium* que fue utilizado como control en el ensayo. Las cepas aisladas fueron mantenidas en agar extracto de malta al 2% y estudiadas en su potencial para la biorremediación de sitios contaminados con clorofenoles. Las cepas fueron identificadas a través de características morfo-anatómicas y se evaluó su habilidad ligninolítica a través de la decoloración de Poly R-478, Azul de Remazol Brillante R y reacción en ABTS. Posterior a esto se evaluó la resistencia en medio sólido a altas dosis de clorofenoles (2,4-diclorofenol, 2,4,6-triclorofenol y pentaclorofenol) en dosis de 0, 25 y 50 mg kg⁻¹. Del total de aislados solo 51 pudieron ser identificadas y se observó que solo 14 de ellas (27%) mostraron ser eficientes en su habilidad ligninolítica a través de los ensayos de decoloración. Los test de resistencia revelaron en general que de las 14 cepas sometidas a altas dosis de clorofenoles, la mayoría solo logró crecer en 2,4-diclorofenol (100% en 25 mg kg⁻¹ y 64% en 50 mg kg⁻¹). En el caso de 2,4,6-triclorofenol y pentaclorofenol, estos mostraron ser muy tóxicos para las cepas en las dosis utilizadas en el ensayo, encontrándose que solo lograron crecer un 14% y 7% respectivamente y solo en la dosis más baja estudiada (25 mg kg⁻¹). Se puede concluir que en una etapa preliminar, las cepas nativas aisladas muestran una buena respuesta en su actividad ligninolítica. Sin embargo estas no muestran ser resistentes a clorofenoles con un alto grado de halogenación.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt 1050614; Dr. Eduardo Valenzuela, U. Austral de Chile.

PALABRAS CLAVES: biorremediación, clorofenoles.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA NATIVOS DE LA IX REGIÓN PARA SER APLICADOS EN BIORREMEDIACIÓN DE SUELO ALOFÁNICO CONTAMINADO CON CLOROFENOLES

Olga Rubilar A., Gonzalo Tortella F., Mara Cea L., M^a de la Luz Mora G. y María C. Diez J.

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de La Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

RESUMEN

Los procesos enzimáticos corresponden a una de las más recientes tecnologías para el tratamiento de aguas residuales y suelos contaminados con alto contenido de compuestos organoclorados. Las enzimas ligninolíticas tienen un papel destacado, en la degradación de estos compuestos. Los hongos de pudrición blanca de la madera secretan una o más de las 3 enzimas extracelulares (lignina peroxidasa (LiP), Mn peroxidasa (MnP) y lacasa) capaces de degradar compuestos organoclorados, entre ellos los clorofenoles. El principal objetivo fue evaluar y comparar la actividad enzimática de hongos de pudrición blanca nativos de la IX Región con *Phanerochaete chrysosporium* CECT-2798, cepa eficiente en la degradación de clorofenoles. Para ello se colectaron 9 hongos de pudrición blanca del predio Rucamanque, IX Región, de los cuales se seleccionaron las cepas capaces de degradar colorantes (Poly R-478 y ABTS). Posteriormente a las cepas seleccionadas se les evaluó la actividad enzimática (LiP, MnP y lacasa) bajo diferentes condiciones de cultivo. Las condiciones de cultivo evaluadas fueron con glucosa o celulosa como fuente de C, ambos medios con diferentes concentraciones de N (C/N:12 y C/N:120). *Stereum hirsutum*, *Inonotus sp.* y *Anthracoophyllum discolor* fueron las cepas que presentaron una mayor capacidad degradativa a los colorantes. Por tanto, una mayor producción de enzimas ligninolíticas. La concentración de N en el medio de cultivo y la fuente de C (glucosa o celulosa), afectó la cantidad de enzimas fúngicas producida. El medio de cultivo con deficiencia de N (C/N: 120), resultó ser el más adecuado para las cepas seleccionadas, en cuanto a la producción de enzimas secretadas. La fuente de C utilizada también afectó la producción enzimática, siendo la fuente glucosa la que presentó una mayor concentración de enzimas en el medio. De las 3 cepas seleccionadas, *A. discolor* fue la cepa nativa que presentó una mayor cantidad de enzimas, principalmente en la producción de MnP y LiP. Finalmente, se evaluó el efecto de la actividad enzimática de *A. discolor* sobre el suelo. Para ello se adicionó la cepa a un suelo alofánico, en el cual se evaluó periódicamente las actividades enzimática antes mencionadas. El primer efecto observado, fue el incremento de éstas por adición de los hongos. Posteriormente, se observó que a medida que transcurría el tiempo la actividad enzimática disminuía, de lo cual es posible deducir que parte de éstas, son adsorbidas en la fracción orgánica e inorgánica del suelo, por lo que tienen una mayor estabilidad.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt 1050614

PALABRAS CLAVES: enzimas, biorremediación, clorofenoles

INFLUENCIA DE MCPA SOBRE LA PUDRICIÓN RADICAL PROVOCADA POR *Fusarium oxysporum* Y EL CRECIMIENTO DE TRÉBOL ROSADO

Ricardo Ceballos⁽¹⁾, Graciela Palma⁽¹⁾, Ximena Cofre⁽¹⁾, Andrés Quiroz⁽¹⁾, Fernando Ortega K.⁽²⁾

^{1.} Departamento de Ciencias Químicas. Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145, Temuco. Casilla 54-D. Temuco. (ceballos@ufro.cl)

^{2.} CRI-Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Casilla 58-D, Temuco.

RESUMEN

El trébol rosado (*Trifolium pratense* L.), es una leguminosa forrajera de gran importancia en nuestro país cuya persistencia y productividad se ven afectadas por el ataque severo de hongos pudridores de la raíz del género *Fusarium*. Por otra parte se ha indicado que los herbicidas afectan las poblaciones de hongos del suelo y la fisiología y desarrollo de los cultivos, predisponiendo a las plantas a un aumento de la infección. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación del herbicida MCPA en los parámetros de crecimiento de las plantas de trébol rosado cv. Quiñequeli y en la severidad de la infección provocada por *F. oxysporum* sobre la raíz de plantas de trébol rosado, en condiciones de invernadero. La severidad de la enfermedad y el efecto fitotóxico del herbicida fue evaluado utilizando escalas basadas en los síntomas que presentaron las plantas. Las plantas de trébol fueron cultivadas en macetas con suelo estéril e inoculadas con una suspensión de conidias. Posteriormente se aplicó el herbicida en la dosis recomendada (1X) y el doble de esta dosis (2X). Además, se estudio el efecto del herbicida sobre el crecimiento micelial y la germinación de conidias de *F. oxysporum*, *in vitro*. Los resultados obtenidos indicaron que la interacción MCPA- inóculo fue significativa para el diámetro de corona y materia seca de la parte aérea de las plantas, a los 30 días del ensayo. El peso disminuyó en un 20 y 24% para las dosis 1X y 2X respectivamente y el diámetro de corona disminuyó en un 10% para la dosis mayor. La interacción no fue significativa para los otros parámetros de crecimiento evaluados. Sin embargo se observó que MCPA causó una disminución significativa de un 40% en el peso seco de la raíz, respecto a plantas sin aplicación de herbicida. Tanto el índice de severidad de la enfermedad como el índice de daño foliar indicaron que MCPA causó un aumento en la pudrición radical de trébol rosado para la dosis mayor, durante todo el experimento. En general, el crecimiento micelial y la germinación de conidias fueron reducidos por MCPA. Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación de MCPA en plantas infectadas provocaría una disminución en el desarrollo de las plantas y un aumento en la pudrición radical.

PALABRAS CLAVES: *Trifolium pratense*, *Fusarium*, fototoxicidad, herbicida

AISLAMIENTO Y SELECCIÓN DE HONGOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO DESDE SUELOS DE LA IX REGIÓN

Alfredo Morales y Fernando Borie B.

Universidad de La Frontera. Casilla 54-D. Temuco, Chile. (almoral@ufro.cl)

RESUMEN

La preparación de bioinoculantes requiere seleccionar microorganismos nativos adaptados a las condiciones edafo-climáticas de cada región. Entre ellos, los hongos solubilizadores de P adquieren cada vez mayor importancia en suelos deficitarios en P disponible por la gran biomasa y actividad metabólica. De aquí que, el objetivo de este trabajo fue aislar y seleccionar hongos solubilizadores de fosfato (HSP) y fitato de calcio (HSF) en suelos rizosféricos de la IX Región. Las muestras se recolectaron desde sitios con distinto manejo agronómico. Para aislar los hongos se realizaron diluciones seriadas de suelos tamizados bajo 2 mm, sembrando en placas con medio de cultivo adicionado de P insoluble. Además, algunos HSF se seleccionaron para detectar su posible secreción de actividad fosfatásica. Se calculó el índice de solubilización (IS) de acuerdo a la relación diámetro total/ diámetro del aislado junto con intensidad del halo. En la mayoría de los suelos se encontraron HSP (diámetro: 1,0 - 3,4 cm) y HSF (diámetro: 0,5 - 4,0 cm) con un IS entre 1,04 a 1,65. Algunos aislados se seleccionaron para evaluar en medio líquido su capacidad solubilizadora de sustratos insolubles (mostrando distinta capacidad solubilizadora). Los resultados indicaron que los hongos aislados presentaron un rango más bajo de IS que los informados en la literatura para hongos de selección. Los HSF seleccionados, en su mayoría, fueron capaces de liberar cantidades apreciables de fosfatasas al medio.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DIDUFRO N° 120318

PALABRAS CLAVES: hongos solubilizadores , fósforo, fosfato de calcio, fitato de calcio

DETERMINACION DE C BIOMASA EN UN ULTISOL DE LA IX REGIÓN

Ana María Parada C⁽¹⁾ Inés Pino N.⁽¹⁾, Ximena Videla C.⁽¹⁾, Adriana Nario M.⁽¹⁾, Juan L. Rouanet M.⁽²⁾

¹ *Comisión Chilena de Energía Nuclear. Av. Nueva Bilbao 12501, La Reina. Santiago, Chile.*

² *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Carillanca. Casilla 58D. Temuco, Chile.*

RESUMEN

La calidad ambiental y producción sostenida de los ecosistemas están directamente relacionados con la mantención de la biomasa microbiana del suelo, la que se ve afectada por el tipo de manejo que se desarrolle en ellos. Las variaciones en la concentración de la biomasa puede indicar cambios en el suelo provocados por las rotaciones, manejo de residuos, sistemas de labranza y fertilización, entre otros. En consecuencia, la pérdida de materia orgánica y de los componentes microbianos del suelo, afectan las condiciones físicas, biológicas y nutricionales del suelo. El ensayo se estableció en un ultisol, Typic Hapludult, IX Región, considerando dos rotaciones, lupino-trigo-avena (S1) y trigo-lupino-trigo (S2), por 3 temporadas, bajo tres sistemas de manejo del suelo: Cero Labranza + quema (CL+Q), Cero labranza - quema (CL-Q) y Tradicional (Trad.). El diseño experimental corresponde a un Strip-Plot con cuatro repeticiones por tratamiento. La determinación de C biomasa se realizó a través de la técnica de fumigación y extracción. Antes de siembra de la primera temporada, de 0-5 cm de profundidad, se encontró que los valores más altos de C-biomasa se obtienen para los sistemas CL+Q y CL-Q, en comparación con el sistema Trad, el que presenta un valor notoriamente más bajo, tanto en S1 como en S2. En la segunda temporada, se encontró en CL+Q y CL-Q, una mayor concentración de C-biomasa en las parcelas donde el precultivo fue lupino (S1) comparado con S2. En la tercera temporada se encontró una mayor concentración de C-biomasa en CL-Q, lo que se atribuye al efecto del precultivo.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto CHI/5/021.

PALABRAS CLAVES: C-biomasa, ultisol, sistemas de manejo.

EFFECTOS DE LAS LOMBRICES DE TIERRA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS EN HUERTOS FRUTALES.

Verónica Fuentes⁽¹⁾, Gabriel Sellés V.⁽²⁾, Carlos Benavides Z.⁽¹⁾, Raúl Ferreyra E.⁽²⁾, Rodrigo Ahumada⁽²⁾, Jorge García- Huidobro P.⁽²⁾ y Rafael Ruíz S.⁽²⁾

¹. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile.

². Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI La Platina

RESUMEN

En Chile, el manejo convencional de los huertos frutales se ha caracterizado por el uso excesivo de maquinaria agrícola, un intenso control químico de malezas, quema de residuos de poda y escasa incorporación de materia orgánica al suelo, lo que ha llevado a producir un deterioro de las propiedades físicas del suelo y por ende una reducción de la actividad biológica del mismo. Las condiciones edáficas tienen una incidencia directa e indirecta tanto en el crecimiento radical como en la calidad y sustentabilidad de la producción frutícola. La inoculación al suelo con lombrices de tierra del tipo anésica, tales como *Lumbricus fiendi*, podría restaurar las propiedades físicas de los suelos a través de la construcción de galerías, mejorando la estructuración y macroporosidad de éstos. Para evaluar el efecto de la incorporación de lombrices de tierra del tipo anésica sobre las propiedades físicas del suelo, se realizaron ensayos de campo en uva de mesa y en pomáceas, con dos sistemas de manejo, uno convencional y otro orgánico. Los ensayos de uva de mesa se localizan en la comuna de Los Andes V Región y los de pomáceas en la Comuna de Rengo, VI Región. En cada uno de los huertos se consideraron dos tratamientos: T1) Con inoculación de lombrices anésicas (220 individuos adultos por planta) y T2) Testigo, sin inoculación. Los resultados preliminares, luego de dos temporadas de evaluaciones, muestran una reducción de la densidad aparente y un aumento de la velocidad de infiltración de los suelos con inoculación de lombrices.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto FIA (CO1-A-025)

PALABRAS CLAVE: *Lumbricus fiendi*, suelos, huertos frutales

CORRELACIÓN ENTRE WRB Y SOIL TAXONOMY PARA LOS SUELOS DE LA X REGIÓN DE LOS LAGOS DE CHILE

Osvaldo Salazar G., Manuel Casanova P. y Walter Luzio L.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (osalazar@uchile.cl)

RESUMEN

En 1998 FAO publicó la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) y la ISSS la adoptó como sistema oficial para correlacionar todos los suelos del mundo. La WRB se utiliza, en la actualidad, como un lenguaje básico entre científicos para identificar, caracterizar y nombrar tipos principales de suelos. El objetivo de este trabajo es clasificar los suelos de la X Región de Los Lagos de Chile, de acuerdo a la WRB y establecer su correlación con la clasificación Soil Taxonomy (EUA) para los mismos suelos. Aproximadamente el 75% de las Series de Suelos descritas en la Región de Los Lagos corresponden al Grupo de Referencia andosol. Las Unidades de Referencia presentan una distribución aproximada asociada a rasgos fisiográficos importantes. De esta manera la Unidad de Referencia *Andosol vítrico* se asocia a la Cordillera de los Andes, la Unidad *Andosol silándico* a la Depresión Intermedia y la Unidad *Andosol aluándico* a la Isla de Chiloé. Se pudo constatar una correlación directa entre los andosoles definidos por la WRB y los andisoles definidos por el Soil Taxonomy. El segundo Grupo en importancia es el umbrisol que ocupa una parte de las Cordilleras de la Costa y de Los Andes. Los suelos de este Grupo se correlacionaron bien con el Orden inceptisols. En la Cordillera de la Costa, los otros Grupos de Referencia que se describieron, tales como los cambisols, acrisols y luvisols, se correlacionaron con los Ordenes inceptisols, ultisols y alfisols, respectivamente. Como resultado de esta investigación se propone agregar el elemento formativo petrodúrico, en el Grupo de Referencia andosoles, como calificador de intergrado hacia los durisoles.

PALABRAS CLAVES: World Reference Base, andosols, Soil Taxonomy

METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA ESTABILIDAD EN CAMELONES

Camilo Sagredo R., Manuel Casanova P., Julio Haberland A., Carlos Benavides Z. y Walter Luzzio L.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (csagredo@uchile.cl)

RESUMEN

La labranza en camellones implica una alteración tal del suelo que aumenta su erodabilidad ante procesos erosivos, principalmente hídricos. Considerando que es posible estimar la magnitud de esta degradación a través de índices, basados en algunas propiedades físicas del suelo, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la lluvia en un mollisol de la zona central de Chile preparado en camellones, empleando un coeficiente de dispersión de arcilla (CD). Dos tratamientos de cobertura: suelo desnudo (T_1) y suelo cubierto en un 40% con rastrojo de trigo (T_2) y en unidades experimentales de $0,25 \text{ m}^2$, fueron sometidos durante tres horas a una intensidad simulada de precipitación de $37,3 \text{ mm h}^{-1}$. Los resultados obtenidos muestran que el cubrimiento superficial (T_2) aumentó el tiempo de inicio de escorrentía, redujo el volumen total de escurrimiento así como también la pérdida de suelo, comparado con el tratamiento de suelo desnudo (T_1). A la vez en el T_1 , después de la simulación, se registraron los valores mayores del índice empleado (CD). Si bien la variación del CD, antes y después de la simulación, fue estadísticamente significativa dentro de cada tratamiento, estas diferencias no fueron detectadas entre tratamientos. Finalmente, se definieron ecuaciones de predicción del CD, quedando expresada claramente que para las condiciones de esta investigación, los contenidos de arcilla (A) y arena (a) son determinantes de los valores del índice. Así, éste queda definido como:

$$CD = 23,38 - 0,89 \cdot A + 0,17 \cdot a \quad (R^2_{\text{ajustado}}: 0,73)$$

PALABRAS CLAVES: camellones, dispersión de arcilla, cobertura, erosión

MODELO SIMPLE PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE

Luis Morales S.^(1,2), Manuel Casanova P.⁽³⁾, Giorgio Castellaro G.⁽²⁾ y Cristian Mattar B.⁽²⁾

¹ *Universidad Tecnológica Metropolitana, Departamento de Física, Av. José Pedro Alessandri 1242, Santiago, Chile, luis.morales@utem.cl*

² *Universidad de Chile, Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Av. Santa Rosa 11315, Santiago, Chile. castella@puc.cl*

³ *Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería y Suelos, Av. Santa Rosa 11315, Santiago, Chile. mcasanov@uchile.cl*

RESUMEN

La erosión hídrica es uno de los problemas más graves que afectan a los suelos de la zona central de Chile, pero para estimar la erosión producida por las precipitaciones y por escorrentía superficial, es necesario contar con el valor máximo de ella en 24 horas. Es más, el diseño de muchas obras de conservación precisan de esta información. Sin embargo en área de estudio y en muchas otras zonas, existen muy pocas mediciones o estimaciones de este valor, lo que conlleva a serias dificultades a la hora de hacer una evaluación cuantitativa del fenómeno. Usualmente los valores medios mensuales son los únicos al alcance de cualquier usuario en el país, debido a que pueden ser leídos desde anuarios meteorológicos. La información básica de éstos, consiste en los montos y la frecuencia de precipitaciones medias mensuales. Este trabajo, a través de un algoritmo simple, muestra un método eficiente y confiable para obtener valores de precipitación máxima en 24 horas a partir de los valores medios mensuales de monto de precipitaciones.

PALABRAS CLAVES: erosión, precipitaciones

PROPUESTA DE CONSERVACIÓN DE SUELO A NIVEL DE MICROCUENCA UTILIZANDO RUSLE Y SIG: ESTUDIO DE CASO SECANO COSTERO DE LA VI REGIÓN

Eduardo Arellano O., Octavio Díaz M. y Narkis Morales S.

Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile.

RESUMEN

La zona del secano costero de la VI Región se encuentra bajo una severa presión de uso agrícola y ganadero y ha sido identificada como un área de avanzado estado de degradación y erosión de sus suelos. Esto ha traído como consecuencia una pérdida de productividad de las tierras y un constante empobrecimiento de la población campesina. En este contexto se encuentra en desarrollo el proyecto TCP FAO CHI 2903 de *Apoyo al Desarrollo Forestal Comunal*, que busca identificar propuestas productivas para pequeño propietario incorporando técnicas de conservación y recuperación de suelo. El objetivo de este trabajo es evaluar el estado de degradación de los suelos de la microcuenca *El Maqui* (34°S' y 71°9'), comuna de Pichilemu en la VI Región de Chile, utilizando una base SIG Arc-info. Como objetivo específico se busca evaluar los niveles de erosión potenciales de acuerdo a las prácticas de uso actuales y diseñar un modelo de recuperación de suelo para la zona que incluya elementos de conservación y uso sustentable de la tierra. La microcuenca posee una superficie de 430 ha compartida por 14 familias, que practican agricultura campesina tradicional. El suelo es de origen metamórfico miembro del suborden xerafls. La zona se ubica dentro del clima mediterráneo marítimo y los usos principales de la microcuenca son plantaciones forestales y agricultura tradicional. La base de digitalización para trabajar una plataforma SIG fueron fotografías aéreas a una escala 1:10000. La descripción en terreno se complementó con análisis topográficos. Los usos y tipo de suelo, coberturas y atributos relacionados a estos componentes fueron introducidos a la base SIG. Utilizando la información recopilada en un ambiente SIG se busca validar un modelo de predicción de pérdida de suelo basado en RUSLE. El suelo de la microcuenca es delgado a moderadamente profundo con un 64% del área con pendientes por sobre 25%. La textura superficial dominante es arcillo arenosa y presenta un pobre contenido de MO y disponibilidad de nutrientes, en comparación a suelos productivos y no degradados de la misma zona. El 38% de la cuenca presenta grados de erosión severos o más, con un gran número de cárcavas de profundidad variable. La identificación de las zonas de mayor fragilidad ha permitido diferenciar zonas de uso productivo y de conservación. Las propuestas de recuperación incluyen obras de conservación de suelo y reforestación para las zonas degradadas y cultivos alternativos para las zonas con potencial productivo agrícola.

PALABRAS CLAVES: secano costero, pequeño propietario, conservación de suelo, RUSLE

DESCOMPOSICIÓN DE *Acacia caven* y *Lolium perenne* EN ECOSISTEMAS DEGRADADOS Y EN VIAS DE REHABILITACIÓN DE CHILE MEDITERRÁNEO

Ingrid Martínez⁽¹⁾, Carlos Ovalle M.⁽²⁾ y Erick Zagal V.⁽¹⁾

^{1.} Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. Av. Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillán, Chile. (ezagal@udec.cl)

^{2.} CRI Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Av. Vicente Méndez 515 Casilla 4226 Chillán, Chile.

RESUMEN

El espinal *Acacia caven* (Mol.) ocupa un área aproximada de 2 millones de hectáreas, conformando la región agroecológica del *secano interior* de Chile central, dando así origen a un ecosistema poco diverso y de baja productividad. El objetivo de este estudio fue comparar la tasa de descomposición de *A. caven* y *Lolium perenne* en ecosistemas con diferentes grados de degradación, el cual se realizó en la zona de Cauquenes (VII Región). Se consideraron 3 ecosistemas: ecosistema denso (ED) con 50-80% cobertura arbórea, poco denso (EPd) con 25-50% y escaso (EE) con 10-25%, cada ecosistema fue estudiado en 2 localidades. Se monitoreó la tasa de descomposición de los materiales a través de la pérdida de peso usando la técnica de *litter bags*, en 7 ocasiones desde abril 2004 – octubre 2005. La mayor pérdida de peso en ambos materiales ocurrió durante los 2 primeros meses, la que fue atribuida a la humedad y las altas precipitaciones durante los meses de mayo-julio. A las 48 semanas se observó diferencias en la pérdida de peso del material original, atribuidas a la naturaleza del material, el tiempo transcurrido y las condiciones ambientales. Para *L. perenne* se observó una pérdida de peso de un 30, 35 y 42% para los ecosistemas EE, EPd y ED, respectivamente. Para *A. caven* la tendencia fue similar con una disminución de 20, 22 y 24% para los ecosistemas EE, EPd y ED, respectivamente. La pérdida de peso se complementará con determinaciones en curso de la composición química de los materiales como: contenido de lignina, relación C/N, componentes no estructurales (NS), celulosa, polifenoles totales extractables (TEP) y polifenoles extractables en agua (WEP) usando el NIRS (Near infrared reflectance spectroscopy).

PALABRAS CLAVES: Litter bags, pérdida de peso, NIRS.

EFFECTOS DE LAS FAENAS EXTRACTIVAS DE ÁRIDOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO DE APTITUD AGRÍCOLA

Carla Macaya S.⁽¹⁾, Wilfredo Vera E.⁽¹⁾ y Mario Gallardo P.⁽²⁾

¹ *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (carlamacayasolis@hotmail.com) (wvera@uchile.cl)*

² *Departamento de Protección de Recursos Naturales (DEPROREN), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Av. Portales 3396, Estación Central, Santiago, Chile. (mario.gallardo@sag.gob.cl)*

RESUMEN

En los últimos 30 años se ha producido un importante crecimiento en el número de faenas extractivas de áridos en la Región Metropolitana, debido al aumento de la población y a la necesidad de expandir la ciudad. La mayoría de los suelos que están siendo utilizados con este fin son principalmente de uso agropecuario, los cuales están catalogados según Clase Capacidad de Uso como I, II y III. Los que corresponden a suelos de calidad para la agricultura y que fueron y están siendo afectados por la extracción de los áridos. Con el objeto de establecer los cambios que se originan en un suelo de la Serie Estero Seco, sometido a la extracción de los áridos y luego rehabilitado con la finalidad de mantener su potencial agropecuario. Se identificaron dos unidades, Unidad 1: suelo no disturbado (Fase de Serie de suelo original) y Unidad 2: el suelo disturbado (Suelo sometido a la extracción de áridos, ya rehabilitado). En cada una de estas unidades se realizó una descripción morfológica de los perfiles y los siguientes análisis físicos: estabilidad de agregados (EA), Densidad aparente (Db), Retención de agua, de 33 a 1500 Kpa, Velocidad de infiltración, Textura y Límites de Atterberg. Los resultados de cada análisis fueron ordenados con el fin de comparar las unidades. Además, como este pozo fue rehabilitado por etapas, se tomaron muestras de estas unidades, considerándose por lo tanto como Unidad 2a, 2b y 2c las que corresponden a 16, 5 y 3 años desde su rehabilitación respectivamente. Este suelo una vez sometido a la extracción de los áridos, perdió gran parte de sus características físicas y su potencial agrícola inicial, a pesar de eso a medida que pasan los años y se pone en producción, este potencial agrícola va lentamente recuperándose, pero no se asemeja a la condición inicial. Tampoco existen metodologías de extracción, que puedan llevar a minimizar estos efectos, por lo tanto este trabajo pretende dar a conocer el daño que se produce en el suelo, para luego definir la mejor forma de realizar la extracción en suelos de uso agrícola donde la rehabilitación tiene como fin último la puesta en producción.

PALABRAS CLAVES: extracción de áridos, rehabilitación de suelos

APLICACIÓN DEL MODELO PRESIÓN-ESTADO-IMPACTO AL ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

Fernando Santibáñez Q.⁽¹⁾ y Paula Santibáñez V.⁽²⁾

^{1.} Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile; (fsantiba@uchile.cl)

^{2.} Ingeniería Civil en Geografía. Universidad de Santiago de Chile; (paulasantibanez@usach.cl)

RESUMEN

Los equilibrios propios del suelo se ven alterados como consecuencia de la intervención que las actividades humanas ejercen con el propósito de extraer bienes o servicios desde los sistemas naturales. Las presiones ejercidas por el ser humano no se pueden describir por un solo parámetro. A menudo, son el resultado de múltiples factores derivados de una actuación humana sobre el medio. Adicionalmente, una acción puede influir sobre distintos componentes ambientales, ejerciendo presiones múltiples sobre varios recursos naturales. Este es el caso de la agricultura, actividad para la cual se deben eliminar ecosistemas naturales ejerciendo presión sobre la biodiversidad vegetal, el suelo, las aguas y la fauna en forma simultánea. Considerando la naturaleza dinámica de los procesos que conducen a la desertificación, la evaluación de éstos requiere de un conjunto de indicadores de presión y estado, integrados en un modelo de causalidades que le dé sentido a cada indicador individual. Generalmente, el valor de un indicador es la consecuencia de una cadena de procesos anteriores y, a la vez, la causa para otros procesos que le son posteriores. Además, un indicador puede actuar como *nodo*, es decir, como causa para varios procesos que depende del atributo que él representa. Un sistema de indicadores debe hacer una abstracción numérica del estado de los *nodos* que sean esenciales para entender el estado actual del sistema y los posibles escenarios de cambio en el próximo futuro. En la modelación de un proceso de desertificación, es recomendable incorporar solo indicadores que puedan ser situados en un contexto de causa - efecto. Un indicador desvinculado del contexto o que tiene causas o efectos no definibles con precisión, es de limitada utilidad, tendiendo más bien a introducir confusión en el sistema más que contribuir a explicarlo. Este trabajo presenta un modelo de indicadores del suelo, organizándolos en tres grupos, aquellos que representan a las presiones ejercidas por el ser humano, a los que representan a los impactos ejercidos por las presiones y los que sirven para caracterizar el estado actual del suelo. En todos los casos, se proponen indicadores que permitan evaluaciones simples y aplicables a gran escala.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto FONDECYT 1020766

PALABRAS CLAVES: sistemas de indicadores, modelo presión- estado- impacto.

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO A TRAVÉS DE ÍNDICES DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA

Fernando Santibáñez Q.⁽¹⁾, María T. Varnero M.⁽¹⁾ y Claudia Santibáñez V.⁽²⁾

^{1.} Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile; fsantiba@uchile.cl csantiba@uchile.cl

^{2.} Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile; mvarnero@uchile.cl

RESUMEN

Uno de los aspectos más sensibles a la degradación de los suelos es la actividad biológica de éstos. La pérdida de propiedades físicas como consecuencia de la degradación, limita la capacidad del suelo como sustrato para la actividad tanto microbiana como para las plantas superiores. Considerando esto, este trabajo pone en evidencia los cambios sufridos por los contenidos en materia orgánica y la respiración del suelo, en función de los niveles de degradación. Estos últimos se evaluaron a través de indicadores visuales del estado superficial del suelo y a través del deterioro en el banco de semillas de éste, el cual representa globalmente el estado de la integridad del edafotopo y su relación con la cubierta vegetal que sustenta. Las elevadas correlaciones entre los contenidos de materia orgánica y evolución de CO₂, sugieren la posibilidad de utilizar indicadores de fácil determinación para evaluar el estado global de degradación del suelo, especialmente en regiones áridas, donde las funciones biológicas del suelo se muestran altamente sensibles a la degradación global de éste.

AGRADECIMIENTOS: a Proyecto Fondecyt 1020766

PALABRAS CLAVES: índices biológicos, actividad microbiana, banco de semillas

RECUPERACIÓN DE SUELOS VOLCÁNICOS DEGRADADOS MEDIANTE AGROFORESTERÍA.

Iván Vidal P.⁽¹⁾; Erick Zagal V.⁽¹⁾; Gerd Werner⁽²⁾ y Jorge Etchevers B.⁽³⁾

¹ Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillán, Chile. (ividal@udec.cl).

² Universidad Justus Liebig – Huesen

³ Colegio Postgraduados, México

RESUMEN

Cabe señalar, que la diversificación representa un desafío prioritario para el sector silvícola chileno. Ello porque las plantaciones están dominadas por especies de rápido crecimiento, *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* (aproximadamente el 90%); el monocultivo expone a la proliferación de problemas fitosanitarios. Existen amplios terrenos marginales donde no crecen bien las especies mencionadas, como es el caso de amplios sectores ubicados en la VIII Región, actualmente sin uso a raíz de la sobreexplotación y consecuente degradación de los terrenos. Los objetivos planteados en la presente investigación corresponden a una evaluación de nuevas alternativas de producción agroforestal en base a maderas finas. Con este propósito se está llevando a cabo un ensayo de evaluación de nuevas especies forestales. El diseño experimental corresponde a parcelas divididas con tres repeticiones, donde las parcelas principales son sistemas de labranza: a) Labranza convencional con rotación de cultivos (lupino/trigo/avena); b) Cero-Labranza con rotación de cultivos (lupino/trigo/avena) y c) Pradera permanente. Las subparcelas son 4 especies de arbóreas de importancia económica: castaño (*Castanea sativa*), fresno (*Fraxinus excelsior*), guindo (*Prunus avium*) y alcornoque (*Quercus suber*). Los resultados obtenidos al cabo del tercer año de evaluación, permiten señalar, que no hubo diferencias significativas en cuanto a rendimiento del cultivo. El trigo cosechado en enero 2004 rindió 4.850 kg ha⁻¹ bajo sistema de labranza tradicional y 4.780 kg ha⁻¹ bajo cero labranza. La especie arbórea de mejor comportamiento corresponde al guindo, que ha alcanzado al cabo de tres años una altura de 3 m, le sigue el fresno con 2 m y, posteriormente, el alcornoque y castaño. También, se manifiesta una tendencia, que fue más acentuada en la última temporada especialmente de las especies guindo y fresno, de un mejor crecimiento en altura de los árboles, cuando bajo ellos existe un cultivo manejado bajo cero labranza. Posiblemente, los otros tratamientos, como praderas y labranza convencional, implican un mayor consumo de agua que incide negativamente sobre las especies arbóreas.

PALABRAS CLAVES: agroforestería, suelos degradados

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS SUELOS DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

Ricardo Campillo R.⁽¹⁾ y Angélica Sadzawka R.⁽²⁾

^{1.} Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI Carillanca, Temuco. (rcampill@inia.cl)

^{2.} Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI La Platina, Santiago. (asadzawka@inia.cl)

RESUMEN

En 425 muestras de suelo superficial (0,00-0,20 m) de la Isla de Chiloé, Chile, se analizaron: pH-H₂O, pH-CaCl₂, materia orgánica, P-Olsen, cationes de intercambio (Ca, Mg, K, Na y Al) y CICE. En 15 muestras seleccionadas se analizaron: textura, densidad aparente, CIC-7, CIC-8,2, Si-ox, Al-ox, Fe-ox y retención de fósforo. Los suelos varían de extremadamente ácidos a débilmente ácidos y el 70% tiene pH-H₂O ≤ 5,5. Los contenidos de materia orgánica son muy altos (8-54%) y los de arcilla bajos (6-16%), por lo que la diferencia entre pH-H₂O y pH-CaCl₂ es alta (0,8-0,9 unidades) y la densidad aparente baja (≤ 0,80 kg L⁻¹). El P-Olsen es muy bajo, ≤ 15 mg kg⁻¹ en el 95% de los suelos. La CICE es ≤ 5,0 cmol+ kg⁻¹ en el 80% de los suelos y la carga variable muy alta. La concentración de los cationes de intercambio sigue el orden: Ca > Al > Mg > K > Na. En general, los niveles de fertilidad de Ca y K son bajos y los de Mg adecuados. La saturación de Al de la CICE (19,8% promedio) es muy alta, ≥ 5% de saturación en el 82% de los suelos. Los contenidos de *Al* y *Fe* activos son altos (1,8-5,1%) atribuibles a complejos orgánicos de Al y Fe, responsables de la alta fijación de fósforo (≥ 95%). Las principales limitantes nutricionales detectadas son la alta saturación de Al y las deficiencias de P principalmente y también de K. Antes de fertilizar, debe solucionarse el problema de la saturación de Al, porque la adición de fertilizantes solubles aumenta la fuerza iónica de la solución de suelo, agudizando la toxicidad de Al. Sólo la aplicación de un plan de encalado correctivo sostenido seguido de una fertilización fosforada de corrección en todas las comunas de Chiloé, permitirá superar las limitaciones nutricionales y expresar el verdadero potencial productivo de las praderas y cultivos establecidos en estos suelos.

PALABRAS CLAVES: suelos ácidos, saturación de aluminio, fósforo, potasio, magnesio, Al y Fe activos

FERTILIZACIÓN CON N Y S EN TRIGO CON DISTINTO ANTECESOR EFECTO SOBRE LA NUTRICIÓN, EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD

María R. Landriscini⁽¹⁾, Juan A. Galantini S.⁽²⁾ y Rodrigo Fernández⁽²⁾

¹. CONICET, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca, Argentina (mlandris@criba.edu.ar)

². CIC, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca, Argentina. (jgalanti@criba.edu.ar), (edgarrodrigo2002@yahoo.com.ar)

RESUMEN

En las regiones semiáridas la disponibilidad de nitrógeno (N) y la dinámica del agua son factores determinantes de la respuesta del cultivo a la fertilización. El cultivo antecesor puede influir directamente sobre el agua disponible y sobre la magnitud de los procesos de mineralización-inmovilización. Se realizaron dos ensayos de fertilización en trigo con N y azufre (S) sobre un antecesor maíz bajo riego (MR) y otro trigo en secano (TS). La diferencia en la producción de materia seca (MSTA) entre ambos ensayos se minimizó a lo largo del ciclo y con la aplicación de dosis crecientes de N. Las menores diferencias se obtuvieron con la aplicación de 100 kg N ha⁻¹ en encañazón y en madurez fisiológica con 66 kg N ha⁻¹ en la producción de grano y 76 kg de N ha⁻¹ en la MSTA. Las diferencias en la respuesta a la producción de grano y de MSTA podrían estar relacionadas con la disminución de la inmovilización del N con el tiempo. El efecto de la aplicación de dosis crecientes de S (desde 0 a 24 kg de S ha⁻¹) tuvo un efecto diferente en cada uno de los ensayos. En las curvas de respuesta la producción máxima se obtuvo con 6 (en MR) y 12 (en TS) kg de S ha⁻¹, reflejando diferencias en la disponibilidad a la siembra. Los índices DRIS del testigo y los tratamientos fertilizados en ambos ensayos señalaron al N y al S como los elementos más deficientes. Los resultados ponen en evidencia la sensibilidad de la metodología DRIS para detectar los cambios en la nutrición del cultivo en situaciones con diferentes niveles de disponibilidad. Las diferencias en la cantidad y calidad de los residuos se reflejaron en la cantidad de materia orgánica particulada y la dinámica del N absorbido por la planta. En condiciones de alta cantidad de residuos las dosis altas de N favorecieron la mineralización del N de la materia.

PALABRAS CLAVES: trigo, fertilización, balance nutricional

NITROGEN FERTILIZER RECOMENDATIONS: COMPARISON BETWEEN NITROGEN BALANCE OF FRENCH AND STANFORD METHOD ON A BARLEY CROP UNDER ZERO TILLAGE IN CHILEAN VOLCANIC SOILS

Francisco Matus B.⁽¹⁾, Juan P. Mellado V.⁽¹⁾ y Rodrigo Cazanga S.⁽²⁾

^{1.} Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. Casilla 747, Talca, Chile. (matus@utalca.cl)

^{2.} Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Mayor, Av. Américo Vespucio Sur 357, Santiago, Chile. (rcazanga@yahoo.com)

ABSTRACT

Nitrogen (N)-fertilizer recommendation can be calculated from the N balance method (denoted hereafter as French method) by the difference between N-input and N-output, but mineral soil N is required at rooting depth in spring. N-fertilizer can also be estimated from the difference between crop N demand and soil N supply using the apparent recovery efficiency of N-fertilizer (N_{REC}). Henceforth Stanford method. N_{REC} , i.e. the fractional amount of N derived from fertilizer taken up by a crop, has been used as a linear response-and-plateau (LRP) based on Liebig's Law. So, the amount of N not recovered, i.e., the N unaccounted for is proportional to the amount of N-fertilizer added until the plateau is reached. Soil N unaccounted for is assumed to remain as residual mineral N, immobilized as organic N in the microbial biomass, fixed into the newly formed root and lost by leaching and gas emissions into the atmosphere. The fact that residual soil N from the French method may be measured by soil analysis, raises the question whether the two approaches are comparable. Here, the hypothesis was tested that N unaccounted derived from N balance is equivalent to the same amount of N derived from N_{REC} . Nitrogen balance was achieved by sampling residual mineral soil N up to 60 cm depth at sowing and harvest time of a barley crop under zero tillage. N unaccounted for from N balance and from N_{REC} were compared on 1:1 plot. The results showed a close linear relationship between the two methods. Thus, the slope and intercept were not different from 1:1 line. Furthermore, the amount of N not recovered by crops was proportional to the quantity of N-fertilizer added. The results supported the concept of LRP on cereal crops. The advantage to use N_{REC} instead of N balance is that the former does not require soil analysis, but N_{REC} depends on climatic conditions.

KEY WORDS: fertilizer recommendation, nitrogen balance.

PÉRDIDA DE NITRÓGENO POR VOLATILIZACIÓN A PARTIR DE LA APLICACIÓN SUPERFICIAL DE UREA

Iván Vidal P. y Santiago Chamorro

Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillán, Chile. (ividal@udec.cl).

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue cuantificar las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco a partir de una aplicación superficial de urea en primavera, en un cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo cero labranza en un suelo de la Serie Santa Bárbara (Typic Haploxerands) con diferentes valores de pH (4,6 a 6,9). El ensayo se realizó en la comuna de El Carmen, VIII Región de Chile (36°55'S, 71°53'O). El amoníaco volatilizado desde el suelo se atrapó usando un sistema semi-abierto estático. En forma paralela se extrajeron muestras de suelo para las determinaciones de amonio, nitrato y pH. Los controles se hicieron a los 2, 5, 9, 14, 20 y 26 días de iniciado el ensayo. La hidrólisis de la urea se produjo dentro del periodo de dos días después de su aplicación. Las mayores pérdidas, de N por volatilización coincidieron con los máximos valores de pH y amonio en la estrata superficial del suelo. El 90% de la volatilización de amoníaco ocurrió durante los primeros 9 días. Durante el ensayo la pérdida de N en cada período de control correlacionó ($P \leq 0,01$) con el contenido de amonio y con el pH del suelo, siendo el contenido de amonio más influyente que el pH. No se encontró correlación ($P > 0,05$) entre el pH inicial del suelo y la volatilización de amoníaco. La pérdida total de N osciló entre 12,61 y 18,45 kg N ha⁻¹ (8,41 a 12,30 del N aplicado) con un valor promedio de 14,76 kg N ha⁻¹ (9,84%).

PALABRAS CLAVES: amoníaco, hidrólisis de la urea

USO DE FUNCIONES DE PEDOTRANSFERENCIA EN LA OBTENCIÓN DE UN MAPA DE RIESGO DE VOLATILIZACIÓN DE UREA APLICADA SUPERFICIALMENTE A LOS SUELOS

Manuel Casanova P. y Carlos Benavides Z.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (mcasanov@uchile.cl) (cbenavid@uchile.cl)

RESUMEN

La utilización de urea como fertilizante en aplicaciones en cobertera, constituye una forma de manejo normalmente no recomendada, al existir condiciones particulares en las cuales esta fuente presenta una efectividad inherente baja; por cuanto se aconseja incorporarla para evitar pérdidas en la forma de NH_3 . Sin embargo, la ventaja económica (45% N) asociada a su uso se ve reducida en varias situaciones comunes y/o de creciente importancia en Chile, en las que la incorporación no es factible; entre otras, la segunda aplicación en cultivos anuales no escardados, la fertilización de mantención en praderas, su aplicación tanto en cero como en mínima labranza, las aplicaciones aéreas de urea en silvicultura. En estas condiciones, la posibilidad de emplear urea queda supeditada al nivel de riesgo de volatilización existente, particularmente en los horizontes superficiales del suelo. Considerando que la pérdida real de NH_3 , a partir de urea, depende de factores del cultivo, de suelo y meteorológicos, su medición ha sido abordada por métodos diversos que en general presentan inconvenientes operativos, costos de ejecución altos e incertidumbre seria en la cuantificación de las tasas de pérdidas reales. Así entonces, se plantea una opción a lo anterior, orientada a la determinación del potencial de volatilización de un suelo con el propósito de evaluar, *a priori*, el riesgo asociado en una aplicación superficial no incorporada de urea. En este sentido, se definieron umbrales críticos de variables relevantes (CIC, pH, capacidad tampón del pH, actividad ureásica) del proceso de volatilización, empleando información básica de estudios agrológicos y funciones de pedotransferencia. Este enfoque permitió identificar áreas de riesgo en una zona agrícola extensa y a un costo reducido, representando un medio apropiado para la selección técnica de fuentes nitrogenadas y métodos de aplicación. Al respecto el mapa generado, indica que en el área cubierta por el proyecto agrológico del río Maipo se distinguen 88.039 ha (~22% del área) con el riesgo de volatilización más alto, a partir de aplicaciones no incorporadas de urea en cobertera. Una superficie que podría alcanzar hasta 208.908 ha (~50% del área) si se incluye una zona con riesgos probablemente altos.

PALABRAS CLAVES: urea, volatilización

RELACIONES CANTIDAD/INTENSIDAD DE FÓSFORO EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA ARGENTINA

Liliana Suñer N.⁽¹⁾, Juan Galantini S.⁽¹⁾ y Ramón Rosell C.⁽²⁾

¹ *Comisión de Investigaciones Científicas (CIC, Pcia Bs As)*

² *CONICET Laboratorio de Humus, CERZOS - Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca (8000), Argentina. lsuner@criba.edu.ar*

RESUMEN

La capacidad buffer de fósforo de los suelos (EBC) o su habilidad a resistir cambios en la concentración de este elemento, puede ser estimada a través de la relación entre el factor cantidad (Q) y el factor intensidad (I). La hipótesis es que la relación cantidad: intensidad (Q/I) es una característica de la disponibilidad de P que depende de propiedades edáficas variables y permitirían detectar diferencias edáficas y antrópicas, constituyéndose en una importante herramienta en la optimización de la fertilización con P. El objetivo fue determinar el P extractable (Pe), y las relaciones Q/I en suelos sin cultivar y en suelos cultivados con distintas secuencias de cultivos y fertilización. En los suelos sin cultivar la capacidad buffer o reguladora presentó una relación negativa con el Pe, aunque esta explicación es baja marca una tendencia opuesta a la observada en los suelos cultivados. El Pe en los suelos sin cultivar aumentó a medida que aumentó la concentración del P de equilibrio (EPC) pero no fue posible indicar una tendencia en los suelos cultivados. La rotación con leguminosas fue la que presentó mayor EPC, es decir fue mayor la concentración de P a la cual el suelo tiene saturados todos los sitios de adsorción pero a su vez fue la que presentó mayor capacidad reguladora. El valor más alto de EBC en la rotación con leguminosas es indicativo de una mayor fertilidad potencial de P, mientras que el bajo valor de EBC observado bajo trigo continuo significa que el fósforo aplicado no es retenido de la misma forma, dejando más P en fase lábil y líquida (mayor fertilidad actual). La consecuencia de esto sería la necesidad más frecuente de fertilización en trigo continuo. La fertilización produjo el aumento del EPC y EBC en la rotación trigo-pastura y trigo continuo pero en la rotación con leguminosas produjo el efecto opuesto. Cambios en la EBC podrían ser causados por diferencias en el número o naturaleza de los sitios de adsorción. Las rotaciones fertilizadas presentaron una mayor capacidad reguladora que las no fertilizadas, pero la fertilización aumentó la concentración de fósforo en el equilibrio, esto podría estar asociado al aumento de materia orgánica. La variabilidad de los resultados sugiere que otros factores, como podrían ser el C orgánico, Ca intercambiable y contenido de arcilla, pueden jugar un papel significativo en la dirección de los cambios encontrados en la EBC.

PALABRAS CLAVES: capacidad buffer, fósforo, región semiárida

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE RETENCION DE SULFATOS EN DISTINTOS GRUPOS DE SUELOS CHILENOS

Dante Pinochet T., Javier Vidal R. y Roberto Mac Donald H.

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja, Valdivia. Casilla 567. Valdivia. Chile. (dpinoche@uach.cl)

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la capacidad de retención de sulfatos en grandes grupos de suelos de Chile. Se definió un método de incubación corta suelo-sulfato y un índice de retención de sulfatos, que fue relacionado con las propiedades químicas de los suelos. El método de incubación se evaluó en muestras de suelo de las series Cauquenes y Valdivia, en distintos tiempos de incubación (1, 6, 12, 24, 48 y 72 h) y en cinco dosis de sulfato de potasio (25, 50, 100, 200 y 400 mg de S kg⁻¹ de suelo). Las incubaciones cortas se aplicaron a muestras de los grandes grupos de suelos de Chile. Dos de origen aluvial (Series Hospital y Cunaco), dos de origen metamórfico (Series Curanipe y Hueicoya), dos graníticos (Series Cauquenes y San Esteban), un suelo reciente de Punta Arenas y siete suelos derivados de materiales volcánicos: tres trumaos (Series Osorno, Valdivia y Puyehue) y cuatro rojo arcillosos (Series Cudico, Fresia, Collipulli y Ñapeco). Los índices de retención del azufre (S) se relacionaron con el pH en agua, suma de bases intercambiables, Al intercambiable, Al extractable, Al reactivo (Al extractable en acetato de amonio pH 4,8 menos Al intercambiable) y contenido de materia orgánica. La retención del sulfato agregado al suelo fue rápida, siendo constante desde las 24 h de incubación. La capacidad de retención de sulfatos de los suelos se ajustó linealmente hasta los 400 mg kg⁻¹ de S. Los suelos de origen volcánico tuvieron un índice de retención alto, dejando valores menores a 40% del S extractable. Los suelos de origen no volcánico presentaron una baja retención, dejando valores superiores al 60% del S extractable. El Al extractable con KOH correlacionó linealmente con el nivel de retención de S de los suelos. Por su parte, el Al reactivo del suelo fue la variable, que correlacionó exponencialmente con la retención de S. Un análisis de regresión lineal múltiple mostró que la retención de S-sulfato fue dependiente del contenido de Mg intercambiable, pH al agua, porcentaje de saturación de Al y la suma de bases intercambiables. Considerando solo los suelos de origen volcánico, las variables que explicaron la variación en la retención de sulfatos fueron el contenido de Al intercambiable, el Al extractable en KOH y el contenido de Ca intercambiable.

PALABRAS CLAVES: índice de retención de sulfato, suelos de Chile

FRACCIONAMIENTO DE FÓSFORO EN UN AGROECOSISTEMA DE ROTACIÓN CORTA SOMETIDO A DOS SISTEMAS DE LABRANZA

Yonathan Redel H. y Fernando Borie B.

*Universidad de La Frontera. Francisco Salazar 01135, Casilla 14 D, Temuco, Chile.
(redely@ufro.cl) (fborie@ufro.cl)*

RESUMEN

El P es un macronutriente esencial para las plantas debido a que constituye parte de las moléculas de ATP y de la cadena de ADN, entre otras múltiples funciones y su escasa disponibilidad es limitante en la mayoría de los ecosistemas naturales como asimismo para la producción de cultivos. Especial importancia posee el P en suelos chilenos de origen volcánico, puesto que éste soporta la mayor parte de la producción agrícola y forestal que el país posee. El objetivo general del proyecto consiste en estudiar la naturaleza del P a través de la determinación de las distintas fracciones de P en un agroecosistema consistente en un ultisol de la IX Región sometido a rotación corta y dos sistemas de labranza. En dicho suelo se estableció en el año 2000 un experimento, en cuadruplicado, que consistió en un sistema de rotación corta avena – trigo y lupino- trigo, cultivados bajo dos sistemas de labranza: tradicional y cero labranza. En abril- 2005, se tomaron muestras de cada repetición a 3 profundidades: 0-5, 0-10 y 10-20 cm. El suelo estaba en barbecho después de trigo. A las muestras de suelo se les realizó un fraccionamiento de P que consistió en una extracción sucesiva con resinas de intercambio aniónico y catiónico, NaHCO_3 0,5 M y pH 8,5, NaOH 0,1 N y H_2SO_4 0,5 N, determinándose fracciones inorgánicas y orgánicas. También se determinó el P total de las muestras. Los resultados muestran una mayor cantidad de P con cero labranza, especialmente en las formas inorgánicas, obteniéndose las mayores diferencias con respecto a la labranza tradicional en el horizonte 10- 20 cm. En cambio, los contenidos de P orgánico fueron mayores con la labranza tradicional. Hubo asimismo, una estratificación vertical en las formas de P, con un mayor contenido de P en las formas inorgánicas y lábiles en superficie, y de P orgánico relativamente lábil a los 10- 20 cm. Como conclusión, se puede señalar que la cero labranza indujo a una mineralización de P orgánico relativamente lábil a P inorgánico lábil, efecto que se puede apreciar especialmente en el estrato de 10-20 cm.

PALABRAS CLAVES: formas de P, cero labranza

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y ABSORCIÓN DE FÓSFORO EN ARVEJAS CON DISTINTOS NIVELES DE FÓSFORO EN SUELOS VOLCÁNICOS

Patricio Sandaña G.⁽¹⁾, Dante Pinochet T.⁽¹⁾ y Ricardo Fuentes P.⁽²⁾

^{1.} Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile. (patriciosandana@uach.cl; dpinoche@uach.cl)

^{2.} Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile.

RESUMEN

Las leguminosas de grano presentan un contenido de proteínas y por ende una alta demanda nutricional a igual materia seca producida que otros cultivos. Dentro de esta familia se encuentra la arveja (*Pisum sativum* L.), la cual podría tener un potencial económico en el sur de Chile, como fuente de proteína vegetal para la alimentación animal. Sin embargo, su potencial productivo depende de su nutrición fosforada, para lo cual es necesario determinar dosis óptimas de fertilización sobre la base de experimentos de campo, evaluando los parámetros necesarios para establecer la demanda de P de este cultivo, los cuales podrán ser utilizados en la formulación de una dosis de fertilización, a través del método razonado de fertilización. El ensayo fue realizado en un suelo trumao de la X Región. Se utilizó el cultivar de arveja Perfected Freezer. El diseño experimental consistió en 4 tratamientos de disponibilidad de P distribuidos en tres bloques completos al azar. Los tratamientos se obtuvieron a través de dosis crecientes de fósforo (0, 110, 280 y 460 kg P₂O₅ ha⁻¹). En emergencia se iniciaron muestreos semanales de la parte aérea hasta la cosecha. En cada muestreo se determinó la concentración de P por órgano vegetal a través de calcinación y posterior determinación colorimétrica. Todos los resultados fueron analizados estadísticamente por Andeva y Tukey, cuando correspondió. Las curvas de producción de MS y absorción de P, por órgano vegetal, fueron ajustadas a través de regresión no lineal usando GraphPad Prism v. 4.0. Los tratamientos afectaron significativamente la concentración de P, producción de materia seca y la absorción de P total, donde la mayor respuesta en absorción de P total y producción de materia seca total fue de un 56 y 37 %, respectivamente. Estas respuestas se produjeron con el tratamiento de 280 kg P₂O₅ ha⁻¹, el cual produjo el mayor rendimiento, superando al testigo en un 21%. Las diferencias entre tratamientos se debieron a las diferentes tasas de crecimiento y de absorción de P que presentaron los órganos de arveja, bajo diferentes disponibilidades de P, donde menor disponibilidad de P se tradujo en menores tasas de crecimiento, y con esto, una menor producción de biomasa a cosecha, lo que va en desmedro del rendimiento, ya que el índice de cosecha no varió con la disponibilidad de P.

PALABRAS CLAVES: arveja, fósforo, absorción de nutrientes, nutrición fosforada.

ADAPTACIÓN DEL MÉTODO DE OLSEN PARA LA ESTIMACIÓN DEL P DESORBIBLE A TRAVÉS DE EXTRACCIONES SUCESIVAS.

Carlos Benavides Z. y Mary-Sol Aravena A.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (cbenavid@uchile.cl, maraven@uchile.cl)

RESUMEN

El uso de técnicas de estimación del fósforo (P) potencialmente desorbible basadas en extracciones sucesivas, demuestra que detrás de los valores obtenidos por los métodos convencionales empleados para el diagnóstico de la disponibilidad de P, mediante análisis de suelo (extracción única), existe aún una importante aunque variable fracción remanente de P extraíble, cuya cantidad depende de las características de sorción de P de los suelos y de su historial de fertilización. Se considera que bastaría un determinado número de extracciones sucesivas para obtener una *clara* separación entre suelos con diferentes niveles de P de reserva, en función de los valores de *desorción máxima*. La cantidad de P de reserva es varias veces superior a la determinada por los índices de disponibilidad de rutina (extracción única) y su determinación mediante una sucesión de extracciones, permitiría una mejor estimación del grado de saturación *efectivo* de P del sistema, que el proporcionado por la sorción máxima obtenible a partir de isotermas (histéresis sorción/desorción). Del grado de saturación de P depende, de manera inversa, la tasa de declinación del P disponible post fertilización en suelos bajo cultivo y por lo tanto, es un parámetro importante en la evaluación del efecto residual del P aplicado. Sin embargo, dado que existen evidencias que la magnitud de la desorción está sujeta a procesos de naturaleza física (difusión) y química sobre superficies reactivas, los tiempos de reacción adquieren significación, tomando importancia tanto la duración del proceso de extracción como el intervalo entre extracciones. El objetivo de este trabajo fue estudiar una adaptación del método de Olsen como técnica de extracción sucesiva, en torno a lo cual se evaluó el efecto del tiempo de desorción y el intervalo entre las extracciones. El trabajo se realizó con suelos cultivados de la zona central de Chile y se estudiaron tiempos de extracción de 0,5 h (método original) y 1 h, en tanto, el intervalo entre extracciones fue de 1 y 24 h. Los resultados permiten concluir que es posible reemplazar, como adaptación de la técnica original, la filtración simple por centrifugación a 5.000 rpm durante 10 min. En todos los casos analizados, la cantidad extraída de P disponible disminuyó semi logarítmicamente ($r > 0,90$) al aumentar el número de extracciones secuenciales, independientemente de la duración, intensidad (110 oscilaciones/min) y ritmo de extracción, pero el número de extracciones requeridas aumentó en proporción al valor inicial de P-Olsen.

PALABRAS CLAVES: desorción de P en suelos de Chile Central, metodología por extracción sucesiva, P-Olsen.

FLUJO DE NUTRIENTES EN EL SISTEMAS BOSQUE-SUELO PARA UN ECOSISTEMA NATURAL (*Nothofagus obliqua* (Mirb)) Y UN ECOSISTEMA ARTIFICIAL (*Pinus radiata* (D. Don)) EN LA DEPRESIÓN INTERMEDIA DEL CENTRO SUR DE CHILE

Juan C. Pröschle y Carlos Oyarzún O.

Instituto de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Independencia 641, Valdivia. Casilla 567 (juanproschle@uach.cl ; coyarzun@uach.cl)

RESUMEN

Con el objetivo de cuantificar y comparar los flujos de nutrientes entre un ecosistema natural y uno artificial, se realizaron mediciones en 2 parcelas experimentales ubicadas en la localidad de Paillaco, X Región de Chile (40° 07' S y 72° 51' O): una parcela con un bosque secundario de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) sobre Serie Los Ulmos y otra con una plantación establecida de *Pinus radiata* (D.) sobre la Serie Correltue. Se tomaron muestras de agua, en el periodo junio de 2003 a febrero de 2004, de la precipitación incidente, precipitación directa, escurrimiento fustal, infiltración y percolación (80 cm), donde se midió las concentraciones de N-NH₄, N-NO₃, N-org, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ y Na⁺. Las concentraciones (µg L⁻¹) y los volúmenes de agua (L m⁻²) permitieron establecer los flujos de nutrientes (kg ha⁻¹). Las precipitaciones aportaron valores normales (kg ha⁻¹) para zonas no contaminadas del mundo (1,2 N-inorg. y 0,6 N-org.). El mayor aporte de bases fue de 4,2 Na⁺, seguida del Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ K⁺ (1,5, 0,4 y 0,2 respectivamente.). En ambos ecosistemas los flujos de N-NO₃ aumentaron significativamente en la precipitación directa, debido a un efecto antrópico expresado en la depositación atmosférica. En las bases solo se diferencia el K con respecto al testigo, explicado por el "leaching" desde las hojas nuevas, no existiendo diferencias entre parcelas. En la infiltración hubo un aumento significativo de N-NH₄ y N-NO₃ en la parcela de *P. radiata*, lo que afirma la hipótesis que en ecosistemas alterados la circulación de N-inorg. es mayor debido a la interrupción de la acumulación a largo plazo de materia orgánica y de procesos de humificación. A 80 cm de profundidad, las bajas concentraciones y la escasa agua percolada, hacen cercana a cero la salida de nutrientes vía percolación. Con las características físicas del suelo de la parcela de *P. radiata* (alta Dap y baja conductividad hidráulica) se detectó una fracción que escurre superficialmente (266 mm) que con los altos niveles de N-inorg en los primeros centímetros del suelo, se producen las mayores pérdidas del sistema que se estimaron en 3,2 kg ha⁻¹ de N-inorg., y 1,6 kg ha⁻¹ de N-org, así como la mayor pérdida de bases fue de 12,1 kg ha⁻¹ de K⁺.

AGRADECIMIENTO: Fondecyt 1030344

PALABRAS CLAVES: flujo de nutrientes, depositación atmosférica, bosque nativo.

TASAS DE CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE FÓSFORO DE TRIGO EN SUELOS VOLCÁNICOS CON DISTINTOS NIVELES DE FÓSFORO.

Germán Dassé P.⁽¹⁾, Dante Pinochet T.⁽¹⁾ y Ricardo Fuentes P.⁽²⁾

^{1.} Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile. (germandasse@uach.cl; dpinoche@uach.cl)

^{2.} Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile.

RESUMEN

El trigo de la zona sur de Chile ocupa más del 40% de la superficie sembrada nacional. En los suelos de esta zona del país, existe una baja disponibilidad de P nativo, debido a sus características químicas. Existen pocos estudios en condiciones de campo que evalúen el ritmo de absorción de P por el cultivo de trigo en estos agroecosistemas y como se relaciona con el crecimiento del cultivo y los parámetros nutricionales relevantes para la fertilización fosforada del cultivo. Este estudio tiene por objetivo determinar las tasas de crecimiento y tasas de absorción de fósforo, en condiciones de campo y bajo distintos niveles de disponibilidad de P, para cada órgano de la planta y para el total de la parte aérea del cultivo de trigo. El estudio fue realizado en un Hapludand (Serie Valdivia) de la X Región de Chile con cuatro tratamientos de fertilización fosforada (0, 110, 280 y 460 kg P₂O₅ ha⁻¹) distribuidos en tres bloques completamente al azar. En cada parcela se realizaron cortes del material vegetal (trigo cultivar Otto Baer) semanalmente, desde 3-4 hojas verdaderas hasta su madurez fisiológica. Todos los resultados fueron analizados estadísticamente a través de ANDEVA y pruebas de Tukey para la diferencia entre las medias. La estimación de las tasas de crecimiento y absorción de P se realizó con la producción de materia seca acumulada y la absorción de P en función del tiempo cronológico y los grados día acumulado (GDA), datos que fueron ajustados a curvas de regresión lineal y no lineal usando el programa estadístico GraphPad Prism v. 4,0. En este estudio se concluye que las tasas de crecimiento de hojas, tallos, granos y del total de la parte aérea fueron mayores con el aumento de la disponibilidad de P en el suelo. Después de la floración, las hojas y las espigas presentan tasas de crecimiento negativas, lo cual se atribuyó a una movilización de carbohidratos dentro de la planta, en donde las hojas presentan la mayor desacumulación. Las tasas de absorción de P en los órganos y en el total de la parte aérea aumentan con la fertilización fosforada hasta un máximo, luego decrece la translocación de P después de floración en hojas, tallos y espigas hasta cosecha, donde se observa que las hojas mantienen una proporción entre la cantidad de fósforo translocada por los tratamientos.

PALABRAS CLAVES: trigo, fósforo, tasa de absorción.

DINAMICA DE LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO BAJO CERO LABRANZA Y MANEJO DE RESIDUOS.

Erick Zagal V. y Mauricio Millán

Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Vicente Méndez 595, Casilla 537, Chillán, Chile. (ezagal@udec.cl).

RESUMEN

Existen pocos estudios en Chile que reportan la dinámica de mineralización de nitrógeno (N) a profundidades inferiores a la capa arable (0-10 cm). El objetivo de este estudio fue investigar, en condiciones controladas, la mineralización neta del N a distintas profundidades en el perfil de un suelo, con cero labranza, bajo dos condiciones: i) quema de residuos; ii) manejo de residuos. El estudio se realizó en un suelo perteneciente a la Serie Santa Bárbara (medial, amorphic, mesic Typic Haploxerands). Se tomaron muestras de suelos a tres profundidades, 0-10, 10-20 y 20-40 cm, en parcelas con los tratamientos indicados por cuatro años. La mitad de las muestras obtenidas fueron incubadas en el laboratorio con rastrojo de trigo (fragmentado a 1 cm), y la otra mitad sin adición de residuos. La incubación fue realizada en cilindros de plástico de 20 cm de largo y 3 cm de diámetro, sellados en su extremo inferior, y cubiertos con algodón en el otro extremo. El suelo se secó al aire, tamizó (2 mm) y fue rehumedecido (50% del agua aprovechable) previa adición de rastrojo, según correspondía; cuidando de obtener en los cilindros la densidad aparente determinada *in situ*. La temperatura (15°C) y el contenido de agua se mantuvieron constantes durante el período de incubación (240 días). Determinaciones de N mineral (N-NH_4^+ y N-NO_3^-) fueron realizadas por colorimetría en un equipo FIA (Flow Injection Análisis) a los 2, 5, 8, 13, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 160, 200 y 240 días. Los resultados de este estudio muestran que no hubo diferencias en el N acumulado a la profundidad 0-10 cm para las muestras incubadas sin adición de rastrojo, independiente de la procedencia de las muestras (parcelas con quema o manejo de residuos). Sin embargo, para la profundidad 20-40 cm las cantidades de N mineralizado acumulado fueron significativamente mayores en muestras de las parcelas con manejo de residuos, respecto a aquellas con quema. Más aún, los valores determinados fueron similares a los encontrados para la profundidad 0-10 cm. La adición de paja produjo inmovilización neta en muestras provenientes de ambas parcelas, con el inicio de un período de remineralización a los 60 días. Sin embargo, las cantidades acumuladas de N remineralizadas al final del período fueron significativamente mayores en las muestras de parcelas con manejo de residuos, que en aquellas con quema. Igualmente, las tasas de mineralización determinadas (0-10 cm), para el período aproximado 120-240 días, también fueron mayores en las parcelas con residuos sobre el suelo.

PALABRAS CLAVES: mineralización neta, suelos volcánicos

FIJACIÓN SIMBIÓTICA DE NITRÓGENO DE ALFALFA EN SUELOS ÁCIDOS DEL SUR DE CHILE.

Horacio Urzúa S. y Rodrigo Pizarro F.

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. (hurzua@puc.cl)

RESUMEN

Se visualiza la importancia de contar con un forraje suplementario de alta calidad proteica, para la producción bovina (leche y carne) en las regiones IX y X de Chile. Es el caso de la alfalfa, leguminosa forrajera de alta eficiencia en la fijación simbiótica de N. Sin embargo, en las diferentes áreas edafoclimáticas de la zona sur existen factores limitantes para su producción. Los objetivos fueron: 1.- identificar los factores limitantes del crecimiento de la alfalfa como acidez del suelo, deficiencias nutricionales (P, K y otros nutrientes) y ausencia de *Sinorhizobium meliloti*. 2.- manejar estos factores para dar respuesta técnica a los productores: ajustar pH, fertilizar con P y otros nutrientes, inocular con cepas seleccionadas con *S. meliloti*. Se trabajó con suelos derivados de cenizas volcánicas andisoles (trumaos) y ultisoles (rojos arcillosos). Se seleccionaron cepas infectivas, efectivas, competitivas y persistentes del rizobio en laboratorio, cámara de crecimiento, invernadero y terreno (perfiles de resistencia a agentes antibacterianos y de ADN plasmidial, producción de materia seca, N acumulado por las plantas, características de la nodulación, N derivado de la fijación con N¹⁵, entre otros). Los resultados indican que es posible producir exitosamente alfalfa en suelos del sur de Chile, siempre que se realicen las labores agronómicas adecuadas, se corrija la acidez, se suplemente con nutrientes deficitarios (P, K, Mo, etc.), se usen variedades adaptadas e inoculadas con cepas seleccionadas de *S. meliloti* con la técnica recomendada (peletización) y se efectúe un buen manejo de la pastura y del ganado.

PALABRAS CLAVES: alfalfa, andisoles, ultisoles, peletización

EVALUACIÓN DE DISTINTOS VOLUMENES DE AGUA DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ACEITE DE *Mentha piperita* EN EL SECANO INTERIOR DE LA VI REGIÓN

Manuel Casanova P.⁽¹⁾, Loreto Gálvez S.⁽¹⁾, Carlos Benavides Z.⁽¹⁾ y Guillermo Délano I.⁽³⁾

^{1.} Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (mcasanov@uchile.cl)

^{2.} CRI- La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santa Rosa 11.610, La Pintana, Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile

RESUMEN

El estudio se orientó a conocer los efectos de cuatro tratamientos de riego en un cultivo de *Mentha piperita*, que reponían una fracción de la evapotranspiración del cultivo (25%, 50%, 75% y 100% de ETc), considerando tres repeticiones, particularmente sobre parámetros de crecimiento vegetativo (altura y ancho de plantas, masa seca, relación hoja/tallo, rendimiento), contenido y composición de aceite esencial. El ensayo se realizó entre noviembre de 2000 y abril de 2001 en la comuna de Marchigüe, VI Región de Chile, donde se dispusieron plantas de *M. piperita* del ecotipo Tomé, conformando tres bloques al azar, las que fueron regadas con cintas de riego, diariamente de acuerdo a la evapotranspiración medida por evaporímetro de bandeja. Los distintos regímenes de riego no tuvieron efecto significativo sobre el hábito de crecimiento de las plantas ni sobre la relación hoja/tallo. El rendimiento de aceite, si bien no fue alto, se ve favorecido al aumentar el aporte hídrico, mientras que la composición del aceite no presentó una tendencia clara con este mayor o menor aporte de agua de riego. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos T1 y T2 (100% y 75% de ETc respectivamente) entregaron rendimientos de materia seca similares entre ellos y superiores a los de T3 y T4, considerándose más apropiado regar con el 75% de ETc, considerando: a) los costos de producción menores y b) la posibilidad de ampliar la zona productiva en sectores donde el recurso es escaso

PALABRAS CLAVES: régimen de riego, evapotranspiración, *Mentha piperita*, secano

EVALUACIÓN DEL ESTADO ESTRUCTURAL DEL SUELO MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DESCANSO.

Karsten Contreras K.⁽¹⁾ y Roberto Mac Donald H.⁽²⁾

^{1.} Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. (sarten@desooorden.cl)

^{2.} Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.

RESUMEN

La estructura del suelo es el resultado de los procesos pedológicos que han actuado sobre él, y su capacidad de almacenamiento de agua y aire se ve alterada por el tipo de cubierta vegetal y el manejo al cual es sometido. Para realizar mediciones del estado de la estructura, se utilizan por lo general instrumentos caros, de difícil utilización, o limitados por el número de repeticiones a realizar. Además, se provocan daños estructurales como consecuencia del muestreo. El coeficiente de descanso (k_0) es el cociente entre la resistencia mecánica horizontal y vertical del suelo, y presenta la ventaja de ser un método fácil de evaluar, no destructivo y no dependiente del contenido de agua del suelo. Bajo esta idea, se seleccionaron tres sitios cercanos, correspondientes al Hapludand Serie Pelchuquín (Provincia de Valdivia) con distinto historial de manejo (cultivo desde 1840; pradera desde 1940; silvopastoreo desde 1980). En un área de 100 x 50 metros de cada sitio se construyó una cuadrícula de puntos separados 10 metros entre sí. A profundidades de 5, 15, 25, 35, 50, 70 y 100 cm se midió la resistencia vertical con un penetrómetro de punta cónica y la resistencia horizontal con una veleta de torsión, a partir de lo cual se calculó el coeficiente de descanso. Tanto el penetrómetro de cono como la veleta de torsión mostraron una mayor sensibilidad al mostrar el efecto del manejo sobre la variación de la resistencia en profundidad, pudiendo observarse un aumento de resistencia mecánica entre los 5 y 25 cm en los sitios de cultivo y de pradera, como consecuencia del tránsito de maquinaria agrícola y de ganado bovino. En relación al k_0 , las estratas superficiales de cultivo y pradera no presentaron diferencias, lo que apunta a una homogenización de las densidades de los suelos por efecto del manejo. En profundidad, tanto la resistencia mecánica como el k_0 disminuyen significativamente en los tres manejos, lo que está claramente relacionado con el tipo de material formador del suelo. La relación entre la veleta de torsión y el penetrómetro permitió relacionar ambos para calcular el coeficiente de descanso, convirtiéndose así en un método representativo, rápido, de fácil uso y con variadas aplicaciones.

PALABRAS CLAVES: estructura, resistencia mecánica, penetrómetro, veleta de torsión, manejo del suelo.

MODIFICACIONES FÍSICAS Y FISICOQUÍMICAS EN SUELOS VOLCÁNICOS A CONSECUENCIA DE UN IMPACTO TÉRMICO

Mauricio Escudey C., Marlen Gutiérrez, Laura Barraza, Marcia Cazanga S., Juan E. Förster M., Gerardo Galindo G.

Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile. Av. L. Bernardo O'Higgins 3363, Estación Central, Casilla 40 – Correo 33, Santiago, Chile.

RESUMEN

Como consecuencia de un calentamiento superficial, la temperatura del suelo aumenta en profundidad en forma variable, dependiendo de la magnitud de la temperatura superficial y el tiempo de duración del impacto térmico por incendios. Se seleccionaron tres andisoles y dos ultisoles para estudiar el efecto de la temperatura alcanzada por el suelo sobre características como contenido de carbono orgánico, pH (H_2O , KCl, $CaCl_2$), conductancia del extracto de saturación, porcentaje de retención de agua, bases de intercambio (BI), y color (índice de enrojecimiento, IE). La temperatura alcanzada en profundidad se determinó con un conjunto de 10 termopares distribuidos en los suelos compactados a la densidad aparente, en un cilindro de acero de 20 cm de diámetro, recolectando los datos de temperatura cada tres segundos, durante 6.000 segundos. Las propiedades medidas se determinaron a 25, 105, 200, 400 y 500°C. El cambio de color de los suelos se siguió por reflectancia difusa hasta los 700°C empleándose en este caso cuatro ultisoles. El IE se calculó con la expresión $IE = (10 - YR) * Chroma / Value$, donde los valores de YR, Chroma y Value se determinaron para cada suelo a las diferentes temperaturas empleando las tablas Munsell. El resto de las características se determinaron mediante los procedimientos habituales. Aplicando una temperatura superficial de alrededor de 700°C, después transcurridos 6000 segundos el suelo sólo alcanza temperaturas superiores a los 100°C en los primeros tres cm de profundidad. El CO disminuye en forma importante a partir de los 105°C, el pH en todos los medios aumenta con el calentamiento, por la formación de carbonatos asociada a la destrucción de CO, siendo más importante en andisoles que en ultisoles. Las BI en los andisoles aumentan hasta los 400°C mientras que en los ultisoles alcanzan un máximo entre 100 y 200°C disminuyendo a temperaturas superiores. El color cambia significativamente tanto en andisoles como en ultisoles. En estos últimos el IE fluctúa entre 1,7 y 3,3 para el suelo original, después de un calentamiento a 700°C el IE alcanza un valor de 15 para todos los ultisoles considerados.

AGRADECIMIENTOS: a DICYT/USACH y FONDECYT 1030778

PALABRAS CLAVES: temperatura de calentamiento, suelos volcánicos, color, índice de enrojecimiento.

VARIACIÓN DE LOS SUELOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS MODERNAS BAJO RENOVALES DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb.)) ENTRE LAS REGIONES VII Y X DE CHILE

Oscar Thiers E.⁽¹⁾, Ernst E. Hildebrand⁽²⁾ y Víctor Gerding S.⁽¹⁾

^{1.} Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile. (othiers@uach.cl; vgerding@uach.cl).

^{2.} Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Alemania. Bertoldstraße 17, D-79098 Freiburg/Brsg. (ernst.hildebrand@bodenkunde.uni-freiburg.de).

RESUMEN

Los renovales de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) cubren una superficie cercana a 1,6 millones de hectáreas (CONAF *et al.*, 1999) y su atractivo crecimiento ha despertado el interés por utilizarlos silviculturalmente. Sin embargo, la silvicultura requiere de conocimientos básicos de las características edáficas en los diferentes sitios de crecimiento. Con tal objetivo se describieron y tomaron muestras de horizontes orgánicos y minerales en diferentes sitios con presencia de renovales de *N. obliqua* entre las Regiones VII y X (35°04' - 41°08' S). Se realizaron análisis físicos (textura y densidad aparente) y químicos (pH, fracción de reserva H₃Cl, extraíble NH₄-Acetato y disponible NH₄Cl, y disponibilidad método Olsen y retención de P). *N. obliqua* crece principalmente sobre suelos que derivan de cenizas volcánicas jóvenes e intermedias (andisoles). En general, estos suelos son profundos a muy profundos (120 ± 20 cm). La forma de humus dominante es L-Mull (2-4 cm de espesor). La textura dominante es limo arenosa (sU) y limosa (U). La densidad aparente es baja (0,4 y 0,6 Mg m⁻³) y la capacidad de agua aprovechable es muy alta (200 y 250 mm). El arraigamiento se concentra fuertemente en los primeros 30 cm del perfil de suelo. Los suelos son levemente ácidos (pH en agua de 5,5 a 6,0), ricos en sustancia orgánica (80 y 90 mg C/g en el horizonte A). Los suelos evidenciaron un elevado nivel de retención de P. En suelos con niveles de Al-extraíble mayores a 1.500 mg kg⁻¹, el contenido de P-disponible fue menor a 4 mg kg⁻¹. Los suelos derivados de cenizas volcánicas intermedias, caracterizados por un mayor estado de meteorización, mostraron a partir de los 60-70 cm de profundidad, diferencia mínima entre los valores de pH en agua y KCl; su contenido de nutrientes (P, K, Ca y Mg) en profundidad mostró niveles menores que en las cenizas más jóvenes. Los suelos bajo *N. obliqua* poseen altos a muy altos niveles de fertilidad. Los elevados niveles de retención de P no influyeron negativamente en el estado nutritivo de *N. obliqua*. Las prácticas silviculturales tendrán que mantener los niveles de calidad de suelo evidenciados en este estudio.

PALABRAS CLAVES: *Nothofagus obliqua*, andisoles y fertilidad de suelos

VARIABILIDAD DE SITIOS Y PRODUCTIVIDAD EN RENOVALES DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb)) ENTRE LAS REGIONES VII Y X DE CHILE

Oscar Thiers E.⁽¹⁾, Víctor Gerding S.⁽¹⁾ y Ernst E. Hildebrand⁽²⁾

^{1.} Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile. (othiers@uach.cl; vgerding@uach.cl).

^{2.} Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Alemania. Bertoldstraße 17, D-79098 Freiburg/Brsg. (ernst.hildebrand@bodenkunde.uni-freiburg.de).

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue reconocer variables del sitio forestal que influyen a diferentes escalas de trabajo espacial en la ordenación de los sitios y la productividad de bosques de *Nothofagus obliqua* (Mirb). La variabilidad de la productividad e identificación de los factores relevantes para bosques de *N. obliqua* se estudió con estadística multivariada. A través de correlaciones y regresiones, se identificaron relaciones de dependencia entre el parámetro de productividad, altura de total a una edad clave, con variables del sitio. Tanto la variación como la productividad de los sitios con bosques de *N. obliqua* en el centro y sur de Chile se relacionan fuertemente con el clima. Para una escala a nivel nacional fueron identificadas como relevantes diferentes índices de humedad; la productividad de los bosques fue explicada por el índice de humedad en el periodo de crecimiento (53% de la varianza). A una escala regional y bajo condiciones macroclimáticas homogéneas, fueron relevantes variables edáficas, como las características físicas del suelo (cantidad de arcilla, limo y densidad aparente), así como también variables topográficas (elevación). La productividad de los bosques se relaciona fuertemente con la elevación del terreno, la cual explica 51% de la varianza. Para bosques de *N. obliqua* el balance hídrico del sitio es un factor relevante a escalas de trabajo menores, en tanto que las variaciones topográficas y edáficas son relevantes a escala regional y local.

PALABRAS CLAVES: sitio forestal, productividad, balance hídrico, fertilidad de suelos

MÉTODOS PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE INVERNADERO, CHILE CENTRAL.

Manuel Casanova P.⁽¹⁾, Ingmar Messing⁽²⁾, Abraham Joel⁽²⁾, M. Haydée Castillo G.⁽¹⁾ y Alberto Cañete M.⁽¹⁾

^{1.} Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile. (mccasanov@uchile.cl)

^{2.} Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar cinco métodos (dos ecuaciones empíricas y tres dispositivos de medición) para estimar evapotranspiración de cultivos, en un invernadero de polietileno, tipo capilla ubicado en la Estación Experimental Antumapu (Santiago). La Evapotranspiración del cultivo (ET_m) se comparó con la evapotranspiración estimada vía balance hídrico (ET_a). Esta última fue determinada a partir de mediciones con microlisímetros para un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Capitata cv. XP 6256) cuya duración del ciclo de desarrollo fue de 9 semanas. Se compararon los valores diarios de evaporación (ET_m) con los obtenidos en la bandeja Class A (CAP), atmómetros de Piche (PAT), evaporímetros Andersson (ANE), ecuación FAO-Radiación (FRE) y ecuación FAO-Penman-Monteith (PME). ET_a, así como todos los ET_m presentaron una tendencias diarias similares, aunque con rangos diferentes. Sobre la base de los resultados obtenidos, ET_a y ET_m fueron ordenados como: ET_a > PAT > CAP > FRE > PME > ANE sin considerar una corrección aplicada en términos del coeficiente del cultivo. Los coeficientes del cultivo ($K_c = ET_a / ET_m$) fueron identificados para dos periodos, semanas 1-2 y semanas 3-9, y a partir de ellos se estimó la evapotranspiración del cultivo diaria ($ET_c = ET_m \times K_c$). Los análisis de regresión para valores semanales medios (menos variables) mostraron una relación estrecha entre ET_a y ET_c para cada uno de los cinco métodos (CAP: 0,96; PAT: 0,92; PME: 0,96; FRE: 0,97; ANE: 0,94). Por consiguiente, se puede concluir que la evapotranspiración de cultivos para estas condiciones de invernadero estudiadas, fundamentales para el manejo del riego, puede ser estimada con una seguridad adecuada, después de la corrección, con todos los métodos empleados. No obstante, se estima que los evaporímetros Andersson y los atmómetros debería ser preferidos, desde el punto de vista que son fáciles de manejar y demandan un espacio reducido dentro de los invernaderos.

PALABRAS CLAVES: bandeja class A, atmómetro, evaporímetro Andersson, ecuación FAO-radiación, ecuación FAO-Penman-Monteith, invernadero, *Lactuca sativa*

EFFECT OF THE BULK DENSITY ON SOIL SHRINKAGE AND HYDRAULIC PROPERTIES OF THE POROUS MEDIA IN HOMOGENIZED AND STRUCTURED SOILS

José Dörner^(1,2), Dorota Dec⁽¹⁾ and Rainer Horn⁽¹⁾

^{1.} *Institute of Soil Science and Plant Nutrition, Kiel University. Herrmann-Rodewald-Straße 2, Kiel, Alemania. (rhorn@soils.uni-kiel.de)*

^{2.} *Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Universidad Austral de Chile. (jodofe@gmx.de).*

SUMMARY

Soils are three phase porous systems. The relative proportion of these phases (soil matrix, water and air) is influenced by properties like texture, structure, biological activity, weather and soil management. The aim of this work is to show some results that allow the characterisation of the porous media and its function. The water retention curve (WRC), the soil shrinkage (Ss), the saturated water conductivity (ks) and the air conductivity (kl) were measured in disturbed and undisturbed soil samples. The disturbed material was collected at 15 cm depth from a Luvisol (Harste, Göttingen, Germany). In purpose to get uniform bulk densities ($1.2 - 1.4$ and 1.6 Mg cm^{-3}) soil samples were prepared with a Load Frame Device. Vertical and horizontal undisturbed soil samples were collected from the seedbed and plough pans of a Stagnic Luvisol (Ritzerau, Germany). The water retention curve and the soil shrinkage were measured at matric potentials of -10, -20, -30, -60, -150, -300 and -500 hPa. The air conductivity was determined at matric potentials between -60 and -500 hPa with an air permeameter. The saturated water conductivity was measure under instationary conditions. With increasing bulk density the volume of secondary (structural) pores, the air and water conductivity, as well as, the maximal shrinkage (void ratio at saturation minus void ratio at -500 hPa) of the soil decrease. The undisturbed soil samples present the smallest volume of effective porosity (pore volume till -300 hPa). However, the saturated water conductivity and air conductivity is higher in these structured samples than in the homogenized material the highest bulk density (1.6 Mg m^{-3}). This circumstance can be explained by differences in the continuity of the porous media between the homogenized and structured material. The presence of a platy structure in the plough pan leads to an anisotropy of the saturated hydraulic conductivity in the horizontal direction ($k_{sh} > k_{sv}$). These results show that the capability of the soil to transmit fluids depends on the bulk density, the structure, as well as, on the continuity of the porous media.

KEY WORDS: porous system, porous function, shrinkage, anisotropy

TWO DIMENSIONAL WATER TRANSPORT IN A HILLSLOPE IN NORTHERN GERMANY

José Dörner^(1,2) and Rainer Horn⁽¹⁾

^{1.} *Institute of Soil Science and Plant Nutrition, Kiel University. Herrmann-Rodewald-Straße 2, Kiel, Alemania. (rhorn@soils.uni-kiel.de)*

^{2.} *Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. (jodofe@gmx.de).*

SUMMARY

The knowledge about the capability of porous media to transmit fluids is important to determine the transport of water and nutrients in soils. In water flow simulations is normally assumed that the hydraulic conductivity is isotropic, i.e. the hydraulic conductivity don't change with the sampling direction. This assumption differs with the results presented by several authors. Therefore the aim of this work is to show some results about the anisotropic behaviour of hydraulics properties, as well as, the effect of the anisotropy of the saturated water conductivity on the water flow in a hillslope in Northern Germany. Tensiometers were used to measure the matric potential at different depths in 3 sites of one soil catena. Vertical and horizontal undisturbed soil samples were collected from the soil horizons at the three sites. The water retention curve (WRC), the saturated water conductivity (ks) and the air permeability (ka) were measured. The van Genuchten parameters were derived with RETC v 6.0. The two-dimensional water flow was modelled with Hydrus 2D v. 2.101. The observed matric potential data were used to estimate the goodness of the fitting. The anisotropy of the saturated hydraulic conductivity and air permeability was confirmed at the scale of soil horizons. The anisotropy of this pore functions depends on the continuity of the porous media and is related to the orientation of the soil aggregates. Due to the anisotropy, the water flow was deviated in the direction of the higher ks (horizontal) and lateral flow took place. In this case, the consideration of anisotropy of the saturated hydraulic conductivity improved the modelling of the water flow in the hillslope.

KEY WORDS: porous system, hydraulic conductivity, water flow, anisotropy

ESTUDIO DE LA HOMOGENEIDAD DEL SUELO OSORNO MEDIANTE LA VARIABILIDAD DEL ALUMINIO EXTRACTABLE UTILIZANDO GEOESTADÍSTICA

Angélica Díaz G., Ricardo Cabeza P., Dante Pinochet T. y Roberto Mac Donald. H.

*Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.
(angelicadiaz@uach.cl)*

RESUMEN

La existencia de diferencias en los estudios de clasificación de la Serie Osorno lleva a pensar en la heterogeneidad del material formador presente en esta Serie de suelo, lo que hace necesario un estudio de la homogeneidad de las características de la Serie. Los tipos de arcillas se encuentran asociados al contenido de aluminio extractable, lo cual implica, que al realizar un estudio de variabilidad espacial del Al, se podrían determinar zonas homogéneas en la Serie de suelo. El objetivo de este trabajo fue determinar áreas homogéneas en el suelo Osorno, a través, del estudio de la variabilidad y dependencia espacial en grandes distancias del aluminio extractable, utilizando técnicas geoestadísticas. Se realizó un muestreo en retículo irregular en un andisol de la Décima Región de Chile, Serie Osorno. Las muestras fueron tomadas a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm.). Cada muestra fue georeferenciada con GPS. A cada muestra se le determinó la concentración de aluminio extractable en acetato de amonio pH 4,8 1M. Las muestras fueron analizadas con métodos estadísticos tradicionales y con métodos geoestadísticos, determinando semivariogramas, existencia de anisotropía y generación de mapas mediante kriging puntual. Se encontró que el modelo de ajuste para las dos profundidades presenta un semivariograma anisotrópico, esto indica que existe dependencia espacial variable para el parámetro Al extractable, y por lo tanto, no solo depende la distancia que existe entre las muestras, sino que también de la dirección. La mayor variación se encontró en dirección noreste, con un ángulo de 310° respecto del norte, en ambas profundidades (0-10 cm y 10-20 cm). El rango de dependencia espacial encontrado para la profundidad de 0-10 cm fue de 176.842 m y para la profundidad de 10-20 cm fue de 174.937 m. Lo anterior sugiere, que existen diferencias en los depósitos de cenizas volcánicas, lo cual indica que la Serie Osorno no es una unidad de suelo homogénea. La proporción que muestra la existencia de dependencia espacial (C/C_0+C), fue de 0,84 para la profundidad de 0-10 cm y de 0,80 para la profundidad de 10-20 cm, esto implica alta dependencia espacial para la variable en estudio.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DID-UACH S-200453.

PALABRAS CLAVES: Serie Osorno, Al extractable, geoestadística, dependencia espacial

ÍNDICE DE REPELENCIA AL AGUA (R) Y SU RELACIÓN CON LA TENSIÓN MÁTRICA EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZA VOLCÁNICA.

Ivonne Orellana S.⁽¹⁾, Roberto Mac Donald H.⁽¹⁾, Juan Nissen M.⁽¹⁾, Oscar Seguel S.⁽²⁾

^{1.} *Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia (ivonneorellana@uach.cl)*

^{2.} *Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago.*

RESUMEN

La capacidad de humectación de los suelos es una propiedad que se investiga frecuentemente por su influencia en el movimiento de agua y por ser una propiedad que se relaciona la estabilidad al agua de los agregados del suelo. El método de la sortividad en agua y etanol es un método de evaluación de la repelencia al agua que no necesita disturbar el suelo. La relación entre las sortividades entrega un factor R, que se relaciona con la hidrofobia del suelo. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el factor R en función de la tensión mátrica. Se espera una dependencia de este parámetro con el contenido de materia orgánica del suelo, y que la repelencia al agua se manifieste con mayor intensidad mientras más seco se encuentre el suelo. Para ello se utilizaron muestras no disturbadas de suelos derivados de ceniza volcánica, las que fueron equilibradas a tres tensiones mátricas: -330, -1000 y -30.000 hPa. Posteriormente se evaluó la sortividad del agua y el etanol, con cuya relación se determinó el índice de repelencia R. El factor R resultó ser dependiente del contenido de materia orgánica, pero esta dependencia es más clara mientras menor es el potencial mátrico. No existe una clara diferencia entre los grupos de suelos (andisoles y ultisoles), pudiendo agruparse éstos como una única población. Por otra parte, el incremento del factor R al secarse el suelo, como índice de una mayor hidrofobia, no se manifiesta en todos los suelos, pudiendo existir un efecto según el tipo de materia orgánica y su ubicación anisotrópica dentro de los agregados.

PALABRAS CLAVE: hidrofobia, índice de repelencia, andisol, ultisol

DETECCIÓN DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO MEDIANTE ANALISIS MULTITEMPORAL

Rodrigo Menéndez T., Ricardo Cabeza P., Roberto Mac Donald H., Juan Nissen M. y Dante Pinochet T.

*Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.
(ricardocabeza@uach.cl)*

RESUMEN

Se evaluó el cambio de uso del suelo para la zona agropecuaria comprendida entre las localidades de San José de la Mariquina y Mafil, Décima Región (cuadrante ubicado entre las coordenadas 18 H 670000-5630000 y 685000-5610000 UTM). Este estudio tiene como objetivo evaluar la potencialidad del uso de fotografías aéreas en conjunto con imágenes satelitales como herramienta en la detección del cambio del uso del suelo en el sector agropecuario. Para el análisis se consideraron tres períodos, los años 1961, 1992-93 y 2002. Para el primer período en estudio, se utilizaron fotografías pancromáticas, escala 1:20.000, en ellas se determinaron las clases de uso de suelo mediante fotointerpretación. Para el segundo período se utilizó un mosaico de ortofotos del vuelo CIREN FACH escala 1:20.000, el cual sirvió además, como imagen de referencia para la georreferenciación de las fotografías pancromáticas del primer período. Se generaron coberturas de uso del suelo para ambos períodos de tiempo, utilizando software de sistemas de información geográfica (SIG). Para el tercer período, correspondiente al año 2002, se trabajó con una imagen Spot de resolución 10 m de píxel, generando una cobertura por medio de software especializado en el tratamiento de imágenes satelitales, mediante dos métodos (supervisado y no supervisado), de los cuales se escogió el primero por representar mejor el uso del suelo. La identificación de áreas de cambio entre los tres períodos se efectuó mediante el cruce de las coberturas obtenidas para el uso del suelo (overlay). El análisis de magnitud y sentido del cambio, se realizó mediante matrices de comparación entre los períodos. Se observó para una superficie total de 25.129 ha, que los cambios más drásticos ocurrieron en la superficie de suelo ocupada con matorrales y plantaciones forestales. El suelo ocupado por matorrales disminuyó en relación a la superficie total inicial, en un 18,1%. Por otro lado, las plantaciones forestales, incrementaron su superficie, en un 13,3% para el año 2002 respecto del año 1961. También se observó un aumento en la superficie ocupada por praderas artificiales (11,7%) y una disminución de las praderas permanentes (11,2%). Los suelos ocupados por otros usos no presentaron mayores variaciones. El uso de fotografías pancromáticas e imágenes satelitales, con diferentes escalas, permite en forma eficiente determinar cambios en el uso del suelo.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto DID-UACH S-200453

PALABRAS CLAVES: imagen satelital, ortofotos, cambio en uso del suelo, sentido y magnitud del cambio

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL SUELO CON INFILTRÓMETROS DE TENSIÓN EN TRES SISTEMAS DE LABOREO

Bernardo Prieto⁽¹⁾, José Luis Hernáiz⁽²⁾, Victor Sánchez-Girón⁽²⁾, Ian Homer B.⁽³⁾

^{1.} *Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba A.A. 354 Montería (Colombia).
bprieto@sinu.unicordoba.edu.co*

^{2.} *Departamento de Ingeniería Rural, ETSI Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, 28040, Madrid, España*

^{3.} *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile.
(ihomer@uchile.cl)*

RESUMEN

La determinación de las propiedades hidráulicas representativas del suelo en condiciones naturales, *in situ*, es muy importante, y en las últimas décadas los infiltrómetros de tensión de disco han sido ampliamente utilizados para determinar propiedades hidráulicas de los suelos. El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de diferentes sistemas de labranza en la conductividad hidráulica (K) del suelo en condiciones de campo próximas a saturación. Las pruebas de campo se realizaron en la granja experimental El Encín de la Comunidad de Madrid (España) en un ensayo a largo plazo del efecto de 3 sistemas de laboreo sobre las propiedades físicas de un suelo franco (Vertic Luvisol). Las mediciones se hicieron con 3 tipos de infiltrómetros de tensión de disco de 4, 12,5 y 12,5 cm de radio de base pero este último configurado como doble disco concéntricos y a 4 potenciales de tensión -12, -4, -1, y 0 cm, tanto en estado estacionario como en estado transitorio. Se compararon los siguientes métodos: Laboreo Convencional (LC), Laboreo Mínimo (LM) y Siembra Directa (SD). Con relación al comportamiento de los sistemas de laboreo, considerando todos los métodos, puede observarse que LC y LM presentan los valores significativamente más altos de K que SD, para los potenciales -4, -1 y 0 cm, no existiendo diferencias significativas al potencial -12 cm. Aun cuando el suelo labrado posee una mayor macroporosidad que el suelo con SD, los efectos a largo plazo de los sistemas de laboreo de conservación sobre las propiedades hidráulicas del suelo no están claramente definidos. Encontrando diferentes autores resultados diferentes, donde en algunos casos, las tasas de infiltración en no laboreo han sido mayores que en los tratamientos de laboreo gracias a una mejor continuidad de poros. Según estos investigadores, la mayor K del suelo labrado se debía a la presencia de una estructura granular muy estable en el tiempo y un elevado porcentaje de macroporos. El hecho de que los valores de la K en LC y LM sean mayores que en SD, indica que el sistema de poros creado en las labores de preparación del suelo se mantienen funcionales, durante el desarrollo del cultivo, a pesar de los procesos de recompactación del suelo

PALABRAS CLAVES: conductividad hidráulica, infiltrómetro de tensión, labranza

COMPARACIÓN DE DIFERENTES MODELOS DE INFILTRÓMETROS DE TENSIÓN Y METODOLOGÍAS DE CÁLCULO PARA DETERMINAR LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL SUELO.

Bernardo Prieto⁽¹⁾, José Luis Hernáñez⁽²⁾, Víctor Sánchez-Girón⁽²⁾ y Ian Homer B.⁽³⁾

^{1.} *Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba A.A. 354 Montería (Colombia), bprieto@sinu.unicordoba.edu.co*

^{2.} *Depto. de Ing. Rural, ETSI Agrónomos, Univ. Politécnica de Madrid, 28040, Madrid, España*

^{3.} *Facultad de Cs. Agronómicas, Univ. de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile. (ihomer@uchile.cl)*

RESUMEN

Los infiltrómetros de tensión de disco han sido ampliamente utilizados para determinar propiedades hidráulicas del suelo en condiciones de saturación y próximas a saturación, aunque existen diferentes tipos de infiltrómetros de tensión y métodos de cálculo para la determinación de la conductividad hidráulica (K), por esa razón, el objetivo de este estudio fue comparar diferentes metodologías para la determinación de K del suelo en condiciones de campo próximas a saturación en un suelo franco (Vertic Luvisol) y con 3 sistemas de labranza: convencional (LC), mínima (LM) y siembra directa (SD). Las pruebas se efectuaron con 3 infiltrómetros de tensión de disco de 4, 12,5 y 12,5 cm de radio de base; este último con doble disco concéntrico. Se tomaron datos a 4 potenciales de tensión -12, -4, -1, y 0 cm, tanto en estado estacionario como transitorio. Se compararon los siguientes métodos: 1) Flujo estacionario multipotencial: a) con 4 cm de radio (Mh4-E) y b) con 12,5 cm de radio (Mh12.5-E); 2) Flujo estacionario multiradio con 4 y 12,5 cm de radio (DR-E). 3) Flujo estacionario, disco interior concéntrico (INT-E); 4) Mixto: Flujo estacionario para la conductividad y transitorio para la absorptividad (SM-4T) y (SM-12.5T). Los resultados mostraron diferencias significativas entre los métodos. DR-E presentó los valores más bajos para todos los potenciales excepto a saturación. Los menores valores de K se obtuvieron en SD comparativamente con LC y LM. Entre estos 2 últimos no hubo diferencias significativas. Los resultados muestran los valores más bajos con el método DR-E a potenciales de -12 y -4 cm. Ello es debido a que en gran número de ocasiones se obtuvieron valores negativos de K, como consecuencia de la variabilidad espacial del suelo y a tener que utilizar 2 infiltrómetros en ubicaciones separadas. Estas diferencias con respecto a los métodos se hacen cada vez menores en los potenciales más próximos a saturación. Si se toma como referencia el método INT-E como el más próximo al valor verdadero de K, aun con diferencias entre los valores obtenidos para cada potencial, los valores medios son del mismo orden de magnitud. La ventaja de los métodos mixtos reside en que al potencial más bajo (-12 cm) quedan determinados tanto la K como el potencial del flujo mátrico, lo que no ocurre con los otros métodos.

PALABRAS CLAVES: conductividad hidráulica, infiltrómetro de tensión

EFFECTO DEL GRADIENTE DE PENDIENTE DE MONOLITOS DE SUELO EN EL COMPORTAMIENTO DE UN TENSIOINFILTRÓMETRO

Verónica Noguera A. y Manuel Casanova P.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile.

RESUMEN

El tensioinfiltrómetro de disco permite obtener la conductividad hidráulica (K) empleando tasas de infiltración, con una alteración mínima del suelo y permite un control de la presión de suministro del agua al suelo. Considerando que cuando se estudia el efecto del gradiente de pendiente en la K del suelo, se tiende a realizar los estudios en distintas posiciones de una ladera, no se toma en cuenta que en ellas las condiciones de suelo varían en forma importante. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar en monolitos y, en condiciones de laboratorio, la K del suelo a 13 presiones de suministro de agua entre -140 y -20 mm. Para esto se extrajeron cuatro de estos volúmenes inalterados, con clases texturales contrastantes: arcillosa (S_A), franco arcillosa (S_{FA}), franco arenosa (S_{Fa}) y areno francosa (S_{aF}); en ellos, se evaluó el comportamiento del tensioinfiltrómetro a cuatro gradientes de pendiente: 0%, 15%, 20% y 25% generadas artificialmente con las inclinaciones respectivas. Obtenidas las conductividades hidráulicas no saturadas (K_{ψ_s} , LT^{-1}) para cada presión de suministro (ψ_s , L), los valores pareados de $\ln K_{\psi}$ y ψ_s , fueron ajustados a un modelo bilineal, asumiendo que una función exponencial continua de K_{ψ} es aplicable al sistema macroporoso y mesoporoso, con un quiebre a una presión límite (ψ_b). El rango observado para ψ_b , se encontró entre los -55 y -85 mm. La conductividad hidráulica saturada (K_{fs}) se estimó extrapolando a la presión de suministro cero y, en general, para las clases texturales finas resultó menor a la estimada para clases texturales gruesas. El valor de K_{fs} , de menor a mayor gradiente de pendiente, para el S_{aF} bajó de $14,95$ a $2,9$ $mm\ h^{-1}$, para el S_{Fa} de $11,64$ a $1,04$ $mm\ h^{-1}$, para el S_{FA} de $2,51$ a $1,50$ $mm\ h^{-1}$ y para S_A de $1,94$ a $0,79$ $mm\ h^{-1}$. Es decir, al aumentar el gradiente de pendiente, K_{fs} mostró una marcada tendencia a disminuir en todos los suelos.

PALABRAS CLAVES: conductividad hidráulica, tensioinfiltrómetro, gradiente de pendiente

PROPIEDADES HIDRÁULICAS MEDIDAS CON TENSIOINFILTRÓMETRO EN UN SUELO ALUVIAL ACONDICIONADO CON ABONOS ORGÁNICOS.

Manuel Casanova P., Oscar Seguel S. y Víctor García de Cortázar G.

Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago. (mcasanov@uchile.cl)(oseguel@uchile.cl) (vgarcia@uchile.cl)

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de la fuente, la dosis y la persistencia en el tiempo de los materiales orgánicos sobre las propiedades hidráulicas, se caracterizó la velocidad de infiltración estabilizada, la sortividad, la conductividad hidráulica no saturada y el tamaño representativo de poros de un suelo perteneciente a la Serie Santiago (Entic Haploxeroll). Para ello se realizó una (1x) o dos (2x) aplicaciones en años sucesivos de dosis volumétricas de: bioabono (material estabilizado por biodigestión anaeróbica; B/4, suelo:bioabono=3:1; B/2, suelo:bioabono=1:1) y estiércol fresco (E/2, suelo:estiércol=1:1). Como control se utilizó el suelo sin acondicionar. Al cabo de 1 y 2 años de aplicada la enmienda (2x y 1x, respectivamente) se evaluaron las propiedades hidráulicas, mediante tensioinfiltrómetro, en un rango de potencial mátrico de -1 a -10 hPa. Tanto la velocidad de infiltración (VI) como la conductividad hidráulica (K) aumentan con la dosis de bioabono en los tratamientos 1x (una sola aplicación), y si bien estas propiedades aumentan en su magnitud con una segunda aplicación (2x), las diferencias entre tratamientos desaparecen. La VI estabilizada estimada con tensioinfiltrómetro se relaciona con la K, y la relación es más estrecha mientras menor sea el potencial mátrico. La sortividad presenta un comportamiento similar, aunque con dos aplicaciones (2x) se estarían generando problemas de hidrofobia. El tamaño representativo de poros aumenta con las aplicaciones orgánicas, pero en el caso particular del estiércol se requieren aplicaciones sucesivas (2x) para obtener esta respuesta. La variabilidad de los valores de VI, K y tamaño de poros disminuye a valores bajos de potencial mátrico, siendo las dosis altas de enmiendas orgánicas (B/2 y E/2) las que presentan una mayor heterogeneidad en sus propiedades. Comparando entre número de aplicaciones (1x y 2x), el bioabono presenta un efecto mejorador más prolongado que el estiércol.

PALABRAS CLAVES: tensioinfiltrómetro, conductividad hidráulica, velocidad de infiltración, bioabono, estiércol.

EVALUACIÓN DE LAS ENMIENDAS CALCÁREAS COMO MEJORADORES DE LA INFILTRACIÓN DE AGUA EN DOS SUELOS

Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Ricardo Cabeza P. y Dante Pinochet T.

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. (ricardocabeza@uach.cl)

RESUMEN

Se midió la infiltración del agua en dos suelos (serie Correltue y serie Tronador), con el propósito de evaluar el efecto de la adición de CaCO_3 sobre la estructura del suelo. Se establecieron ensayos en parcelas de 9 m^2 con dosis de CaCO_3 equivalentes a 0; 24; y 48 ton ha^{-1} , en ambos suelos. La infiltración fue medida con doble cilindro, las dimensiones de los cilindros corresponden a 50 cm de L y 40 cm de d (cilindro externo) y de 50 cm de L y 20 cm de d (cilindro interno). Se realizaron 3 mediciones de infiltración en los últimos tres meses de establecido los ensayos, los cuales duraron seis meses. Las lecturas de infiltración fueron realizadas en intervalos durante 4 h. Los valores de infiltración corresponden a las infiltraciones promedios de las tres mediciones realizadas en el tiempo. Se observó, que la velocidad de infiltración en el suelo Correltue tratado con dosis de 24 y 48 ton ha^{-1} de CaCO_3 fueron mayores que las del suelo control (0 ton ha^{-1}) y diferentes estadísticamente. Sin embargo, para el suelo tratado con 24 ton ha^{-1} de CaCO_3 la velocidad de infiltración fue mayor que la del suelo tratado con 48 ton ha^{-1} de CaCO_3 . La profundidad de infiltración para los tratamientos con 0; 24 y 48 ton ha^{-1} de CaCO_3 , fue de 30, 60 y 45 cm respectivamente. Por otro lado, el suelo Tronador tratado con dosis de 24 y 48 ton ha^{-1} de CaCO_3 presentó velocidades de infiltración mayores que el suelo control. En este suelo, el tratamiento con 48 ton ha^{-1} de CaCO_3 presentó mayor velocidad de infiltración que el suelo tratado con 24 ton ha^{-1} de CaCO_3 , los valores mostraron significancia estadística. Las velocidades de infiltración fueron siempre mayores en el suelo Correltue. La profundidad de infiltración para los tratamientos con 0; 24 y 48 ton ha^{-1} de CaCO_3 en el suelo Tronador fue de 2.5, 15.0 y 18.0 cm respectivamente. Se puede concluir que la adición de caliza mejora la infiltración de los suelos, sin embargo, la dosis apropiada para mejorar la infiltración no se determinó en forma exacta, lo que podría explicar una velocidad de infiltración mayor con una dosis intermedia para el suelo Correltue.

PALABRAS CLAVES: infiltración, cal, suelos pesados.

VARIABILIDAD ESPACIAL DE NITRÓGENO EN SUELO Y PLANTA, CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO Y RENDIMIENTO DE FRUTA EN DOS PARRONES DE UVA DE MESA DEL VALLE DE ELQUI.

Carlos Sierra B.⁽¹⁾ y Eduardo Contreras O.⁽²⁾

^{1.} CRI Intihuasi. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Colina San Joaquín S/N La Serena. Apartado Postal 36/B. La Serena. Chile. csierra@inia.cl

^{2.} Universidad de La Serena.

RESUMEN

Los suelos del norte chico, generalmente corresponden a formaciones de origen coluvial y coluvio-aluvial, esto determina una gran variabilidad espacial de sus condiciones físico-químicas. Además, las Series de suelo presentan superficies pequeñas, en muchos casos 1 ó 2 Series forman parte de un mismo cuartel de vid de mesa. Esto determina condiciones muy variables de comportamiento de las plantas. Se estudió la variabilidad espacial de dos cuarteles de 2,17 y 2,0 ha cada uno cultivados con Sultanina y *Flame Seedless* en producción. Los suelos corresponden a la Serie Vicuña, el primero en condición de clase textural franco arcillo arenosa y el segundo en fase franco arenosa. Se colectaron 20 muestras de suelo a 35 cm de profundidad correspondientes a 20 plantas, considerando un muestreo sistemático por grilla o cuadrícula alineado, con 9 submuestras de suelo por planta. En el sitio 1 se consideró una grilla de 24x21 m, con un total de 43 grillas de 504 m² cada una. En el sitio 2 se consideró una grilla de 20x25 m. En cada muestra se analizó, nitrógeno total y mineral, materia orgánica, conductividad eléctrica y rendimiento exportable de cada planta. En floración y pinta se determinó el contenido de agua gravimétrica, de muestras obtenidas a dos profundidades, 48 y 24 h después del riego. A plena flor se analizó el contenido peciolar de nitrógeno total y nítrico en cada planta de vid por separado. La variabilidad espacial del contenido de N mineral del suelo fue 2,7 veces más alta que la del N total, medida como coeficiente de variación (CV), en el caso 1 y 2,4 veces más alta en el sitio 2. El contenido promedio de N total en ambos sitios fue muy similar. La variación del contenido de materia orgánica fue más alta en el suelo del sitio 1 comparado con el sitio 2, con 21,7 y 15,5% de CV. La variabilidad de la CE en ambos suelos fue de 24,5 y 16,4%. El contenido de agua del suelo presentó un CV de 16 y 20 % en ambos sitios respectivamente y el rendimiento alcanzó a 17,5 y 15,3 kg por planta, presentando una variabilidad de 35 y 29 % respectivamente. Los parámetros estudiados no se correlacionaron con la producción por planta.

PALABRAS CLAVES: agricultura de precisión, vides de mesa, nitrógeno

COMPORTAMIENTO DE LA SONDA DE CAPACITANCIA EN EL MONITOREO DEL CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO

Celerino Quezada⁽¹⁾, Isaac Maldonado I.⁽²⁾, Leonardo Márquez⁽¹⁾ y René Aravena⁽¹⁾

^{1.} *Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Casilla 537, Chillán, Chile.
(cequezad@udec.cl)*

^{2.} *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile*

RESUMEN

La determinación del contenido de agua del suelo requiere de métodos precisos, de interpretación rápida, continuos, representativos y que no contaminen el medio ambiente. En la actualidad están en uso los métodos que relacionan el contenido de agua del suelo con la constante dieléctrica, dentro de los cuales la sonda de capacitancia es muy utilizada para el monitoreo del contenido de agua del suelo y control de calidad del riego. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de una sonda de capacitancia modelo Diviner 2000 a través de tubos de acceso de PVC 50 mm. La medición se realizó en tres tipos de suelos para evaluar la programación de riego en remolacha mediante bandeja clase A y modelo de Penman-Monteith. Los sitios eran de clase textural arenosa y arcillo arenosa (medial, thermic, Humic Haploxerands) y franco arcillosa (medial, thermic, Typic Haploxerands). La sonda se calibró con el método gravimétrico para cada sitio. Los balance hídricos muestran que la sonda entregó lecturas sobreestimadas del contenido de agua del suelo respecto a capacidad de campo, en las clases texturales arenosas y arcillo arenosas, con porcentajes de arena superiores al 70%; en cambio, en suelos franco arcilloso presentó un comportamiento adecuado. Las curvas de calibración de los sitios mostraron coeficientes de correlación adecuados entre 0,72 y 0,79. Los resultados de la investigación demuestran que los puntos críticos en el buen funcionamiento de la sonda son la instalación cuidadosa del tubo de acceso y una calibración del equipo en un amplio rango de contenidos de agua. La textura también tiene incidencia en la precisión de la sonda, probablemente por el efecto de la porosidad del suelo que puede alterar la velocidad de la onda electromagnética. Las mediciones del contenido de agua del suelo realizadas con la sonda FDR no entregaron un buen ajuste, siendo necesario mejorar su precisión con calibración por sitio específico en un amplio rango de contenido de agua del suelo.

PALABRAS CLAVES: programación riego, andosoles, capacitancia

EVALUACIÓN ANALÍTICA DE LABORATORIOS DE SUELOS EN CHILE

Angélica Sadzawka R.⁽¹⁾, Renato Grez Z.⁽²⁾, María Adriana Carrasco R.⁽³⁾, María de la Luz Mora G.⁽⁴⁾ y Hugo Flores P.⁽¹⁾

^{1.} Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI La Platina, Santiago.(asadzawk@inia.cl), (hflores@inia.cl)

^{2.} Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia. (rgrez@telsur.cl)

^{3.} Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago.(acarrasc@uchile.cl)

^{4.} Universidad de La Frontera, Instituto de Agroindustria, Temuco.(mariluz@ufro.cl)

RESUMEN

La Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo inició en 1995 un programa de intercambio de muestras de suelos ácidos entre laboratorios con el propósito de comparar los resultados analíticos. Luego de dos rondas de intercambio, donde se constató una reiterada disparidad, se decidió en 1997 la creación de la Comisión de Normalización y Acreditación de Laboratorios (CNA) con la misión de seleccionar y validar los métodos de análisis y de evaluar la calidad analítica de los resultados entregados por los laboratorios. Actualmente, la CNA coordina rondas entre laboratorios anuales para análisis de suelos ácidos, de suelos afectados por sales y de tejidos vegetales. Los análisis están orientados, en los suelos ácidos, a diagnosticar problemas de fertilidad, especialmente relacionados con acidez y fósforo; en los suelos afectados por sales, a detectar problemas de salinidad y sodicidad; y, en los tejidos vegetales, a cuantificar los constituyentes inorgánicos. En los diez años (1995 a 2004) de funcionamiento del programa de intercambio de suelos ácidos, los laboratorios, en promedio, muestran un significativo progreso, ya que el Índice de Inexactitud ha disminuido de 35% a menos de 18% y el Índice de Imprecisión de 9% a menos de 3%. Como resultado, el Índice de Excelencia de los laboratorios ha aumentado de 78% en 1995 a sobre 90% a partir del año 2000.

PALABRAS CLAVES: análisis de suelos, suelos ácidos, intercambio interlaboratorios, control de calidad.

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES Y CONTAMINANTES EN SUELOS Y SUELOS ADICIONADOS DE BIOSÓLIDOS Y COMPOST

Marcela Guerrero L., Gilda Borie B., S. María Aguilera S. y Pedro Peirano V.

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Olivos 1007, Independencia, Casilla 233, Santiago, Chile.

RESUMEN

Al igual que en la mayoría de los países del mundo, en Chile los biosólidos son un desafío. Mejores condiciones sanitarias para la población requieren una gestión aún más rigurosa de estos residuos. Producto de ello, la disposición final de éstos se transforma en una problemática. Una de las posibles vías de solución es la utilización de los lodos sanitarios, adicionados como lodos propiamente tal o formando parte del compost en plantaciones forestales, ya que éstos tienen la capacidad de agregar nutrientes y materia orgánica a los suelos en donde se apliquen. Para ello se ha tomado como área en estudio suelos y mezclas de suelos forestales correspondientes a las regiones V, VI y VII. Estas mezclas fueron incubadas en laboratorio a 25°C por 8 meses con lodos y compost, en dosis equivalentes a 400 y 800 ppm de N, correspondientes a una aplicación de 15 y 30 Mg ha⁻¹ respectivamente. A las muestras se les determinó, al inicio y término de la experiencia, el contenido total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) y contaminantes (Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Fe, Mn). En forma paralela, se estudió la solubilidad de estos elementos en tres extractantes distintos: acetato de amonio 1M a pH 7, bicarbonato de sodio 0,5 M a pH 8,5 y agua destilada; realizándose con éste último tres extracciones durante distintos períodos de las incubaciones: 1, 3 y 8 meses a partir del inicio de éstas. Las mezclas de suelos incubadas con lodo y compost presentan pHs que oscilan entre 4,5 y 5,5. El porcentaje de humedad varía entre un 17-28 % para las mezclas con lodo, mientras que para compost varía entre un 13-24%. Se entregarán valores de C y N (porcentuales) en los suelos incubados. Como resultado de la adición de lodo y compost se observa un leve incremento en los valores de nutrientes y contaminantes, variación que no es significativa en relación al suelo testigo y en base a las diferentes dosis aplicadas. En todos los casos los niveles de concentración están por debajo de las normas ambientales establecidas. La solubilidad de los metales pesados en agua, medida en tres períodos distintos disminuye a medida que transcurre el tiempo de incubación. En el caso de los otros extractantes, se observaron comportamientos distintos para cada extracción, tanto en la solubilidad de los nutrientes como de los contaminantes, pudiéndose explicar aquello por las distintas formas en que los suelos responden al aporte de materia orgánica y el distinto mecanismo de solubilización de cada uno de los extractantes.

PALABRAS CLAVES: biosólidos, compost, incubación de suelos, metales pesados

CONTENIDO DE NUTRIENTES Y METALES PESADOS EN SUELOS ACONDICIONADOS CON BIOSÓLIDOS, EN EXPERIENCIA DE TERRENO Y DE LABORATORIO.

Mónica Maldonado V., Gilda Borie B., S. María Aguilera S. y Pedro Peirano V.

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Olivos 1007, Independencia, casilla 233, Santiago, Chile.

RESUMEN

El mundo constantemente nos muestra las consecuencias del desarrollo humano, un desarrollo que muchas veces está fuera de los equilibrios de la naturaleza. Consecuencias sobre las que el hombre finalmente está tomando conciencia, y más importante aún, acciones. Así en el mundo actual, nace con fuerza el concepto de desarrollo sustentable como clave para el éxito a futuro de las naciones y finalmente del hombre. El proceso de tratamiento de agua servidas, tiene como contraparte la generación de lodos sanitarios, los que son vistos como un problema; éstos se pueden utilizar adicionándolos como tales ó formando parte de compost en plantaciones forestales ó agrícolas, debido a que ellos poseen cantidades considerables de materia orgánica y nutrientes importantes para los suelos, mejorando algunas características de éstos (retención de agua, disponibilidad de nutrientes y agregación). Con el propósito de demostrar que los lodos sanitarios, utilizados apropiadamente, pueden mejorar de manera efectiva las propiedades de los suelos forestales, se ha tomado como área en estudio suelos y mezclas de suelos de predios de las regiones V, VI y VII de nuestro país. Las mezclas de suelos se incubaron en laboratorio a 25°C con dosis de lodo y compost correspondiente a 30 Mg ha⁻¹ y 60 Mg ha⁻¹ durante 5 meses. Se caracterizaron las muestras de lodo, compost, suelo/compost y suelo/lodo. Se determinó el contenido total de metales pesado (Ni, Cu, Pb, Zn, Cd, Fe y Mn) y nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en muestras con ó sin tratamiento. Por otro lado se estudió el contenido de metales disponibles en las muestras incubadas, utilizando como extractante acetato de amonio 1M a pH 7 y agua destilada, a las 6, 12 y 20 semanas de incubación. Los porcentajes de agua variaron entre 4-23% para incubaciones con compost y, 3- 18% para incubaciones con lodo. Los valores de pH fluctuaron entre 4,9 y 6,5. Se observó que el contenido de contaminantes disponibles no varía en forma apreciable en relación con las dosis aplicadas, tanto de compost como de lodo, excepto para el hierro. Mientras tanto que el contenido de nutrientes disponibles (K, Ca, Mg) es mayor utilizando acetato de amonio 1M a pH 7 como extractante en vez de agua destilada.

PALABRAS CLAVES: biosólidos, compost, metales pesados.

ESTUDIO DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA CUENCA DEL RÍO LOA, I Y II REGIÓN DE CHILE

Juan P. Martínez C.⁽¹⁾ Alejandra Flores ⁽¹⁾, Manuel Díaz M.⁽¹⁾, Margarita Briceño⁽²⁾ y Stanley Lutts.⁽³⁾

^{1.} Departamento de Agricultura del Desierto, Universidad Arturo Prat. Av. Arturo Prat 2120, Casilla 121, Iquique, Chile. (juanpabm@unap.cl; manuedia@unap.cl)

^{2.} Departamento de Química, Universidad Arturo Prat. Av. Arturo Prat 2120, Casilla 121, Iquique, Chile. (mbriceno@unap.cl)

^{3.} Unité de Biologie Végétale Institut de science de la Vie, Université catholique de Louvain, Belgique (lutts@bota.ac.ucl.be)

RESUMEN

Los suelos de la zona norte de Chile, específicamente aquellos cercanos al río Loa (I y II Región) se encuentran contaminados con metales pesados producto de la actividad minera y orogénica. Esta contaminación puede afectar a la salud humana y al medio ambiente. Una alternativa económica para recuperar terrenos contaminados resulta ser la fitoextracción, sin embargo para realizar esta actividad es necesario caracterizar los suelos para decidir la mejor estrategia a seguir. El objetivo de este trabajo es describir los niveles de contaminación en distintos sitios de la cuenca del río Loa. Las muestras corresponden a los sitios de muestreo de: Calama, Coya, Tranque Sloman y Quillagua. Los suelos fueron tamizados a un tamaño de partícula <2mm. A las muestras se les determinó: pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico (CO) fácilmente oxidable, sulfato y CaCO₃. Los metales pesados (Cu, As, Zn, Mn) fueron determinados por fluorescencia de Rayos X. Los resultados de caracterización general muestran que estos suelos poseen pH de neutro a alcalinos (6,7-8,6), alta CE (2,5-52 mS/cm), bajos contenidos de CO (0,1-1,2%) y de sulfatos (0,04-1,00%) mientras que el contenido de cloruro en los lixiviados se encuentra entre 0,2 y 1,5 %. El contenido de CaCO₃ se encuentra en el rango 7,7-17,0%. Los contenidos de metales pesados totales en mg kg⁻¹ de suelo seco fluctuaron entre los siguientes rangos: As (91-258); Zn (84-165); Cu (19-76) y Mn (605-823). De acuerdo a estos resultados podemos señalar que estos suelos son salinos y con altos contenidos de metales pesados. Los sitios más contaminados fueron los suelos provenientes de Tranque Sloman y Quillagua. A partir de estos resultados se ha procedido a seleccionar individuos de *Atriplex atacamensis* Phil. que podrían tener una capacidad fitoextractora de metales pesados.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto bilateral, comunidad francesa de Bélgica y Chile, Unidad de Biología Vegetal, Universidad Católica de Lovaina, DI 07/2005 Universidad Arturo Prat.

PALABRAS CLAVES: metales pesados, suelos de Chile, contaminación

EFFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA Y pH SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE COBRE EN SUELOS ÁCIDOS

Bárbara Fuentes S., Pedro Nuñez R., Rodrigo Navia D. y María de la Luz Mora G.

Departamentos de Ingeniería Química y Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145. Casilla 54-D, Temuco, Chile. e-mail: bfuen002@pinhue.ufro.cl

RESUMEN

Los suelos de la IX Región de Chile se caracterizan por su condición de acidez ($\text{pH} \leq 5,5$) y altos contenidos de materia orgánica (MO), 14 a 24%. Para mejorar su fertilidad se ha recurrido a la aplicación de estiércol y para incrementar su eficiencia productiva se han aplicado pesticidas que contienen cobre (Cu). Sin embargo, estas estrategias podrían incrementar en forma indirecta la disponibilidad de Cu en los suelos. En suelos de la Serie Temuco, se han registrado niveles de Cu total de 60 mg kg^{-1} (digestión con HNO_3) y disponible de $2,7$ a $3,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (extracción con DTPA). Por otra parte, los requerimientos óptimos de Cu de las especies prateses *Trifolium repens* y *Lolium perenne* se han estimado entre 5 a 8 y 6 a 7 mg kg^{-1} , respectivamente. La concentración de Cu foliar en estas especies cultivadas en estos suelos corresponde a $11,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (determinado por calcinación) valor considerado alto para estas especies forrajeras. Aunque este microelemento es esencial para las plantas, un aumento de su concentración en el tejido vegetal puede causar toxicidad. Esta condición es favorecida en suelos ácidos, donde se produce una menor adsorción de Cu. El objetivo de esta investigación fue estudiar la adsorción de Cu en suelo ácido en función del pH y los contenidos de MO. Los ensayos consistieron en isotermas de adsorción a 25°C durante 24 h, a pH 4,5 y 6,0 con fuerza iónica de 0,1 M en KCl. Se utilizó un suelo de la Serie Temuco, evaluando tres profundidades: 0-20, 20-40 y 40-60 cm, con contenidos de MO igual a 14,0, 7,0 y 3,8 %, respectivamente. El Cu se cuantificó por espectrofotometría de absorción atómica. Los valores obtenidos se ajustaron con la ecuación de Langmuir. Los resultados indican que la adsorción de Cu a pH 4,5 fue 74, 58 y 48% y a pH 6 fue 82, 67 y 54% en las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm, respectivamente. Lo que fue reflejado por la constante de Langmuir con valores de 4,0, 2,8 y $2,2 \text{ mg Cu}^{2+} \text{ g}^{-1}$ suelo a pH 4,5; y 4,2, 3,0 y $2,5 \text{ mg Cu}^{2+} \text{ g}^{-1}$ suelo a pH 6 en orden de profundidad. Además, a 0-20 cm, se presentó la mayor adsorción de Cu en ambos valores de pH, observando que un aumento de la profundidad del suelo incrementa la disponibilidad de Cu en 26, 48 y 52% a pH 4,5 y 18, 33 y 46% a pH 6,0. Lo anterior indica que la disponibilidad de Cu en suelo ácido es mayor a pH 4,5 que a pH 6,0; observando que el contenido de MO beneficia la adsorción de Cu, disminuyendo la posibilidad de toxicidad para las plantas en las pasturas del sur de Chile.

PALABRAS CLAVES: cobre, adsorción, suelos ácidos.

REACTIVIDAD DE CALIZAS DE DISTINTO ORIGEN

Domingo Suárez F.⁽¹⁾, Fernando Ramírez R.⁽¹⁾, Dante Pinochet T.⁽¹⁾ y Germán Ruíz C.⁽²⁾

^{1.} Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567 Valdivia, Chile (domingosuarez@uach.cl)

^{2.} Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago.

RESUMEN

Para comparar el valor agronómico de las enmiendas calcáreas es necesario conocer sus Índices de Reactividad (IR) resultantes del porcentaje retenido en cada malla (%RM). Así, conociendo el CCE de cada producto es posible calcular sus Valores Neutralizantes Efectivos (VNE) y con ello diferenciar productos de diferente calidad y relación costo / beneficio:

$$VNE = CCE \times \sum (\%RM_i \times IR_i)$$

Se desea conocer, además, si el origen de las calizas pudiera influenciar sus índices de reactividad y en consecuencia la forma de calcular los VNE. Se planteó la hipótesis de que la naturaleza química-geológica de las calizas no debiera influenciar la relación granulometría – reactividad y así bastaría de tan sólo con una escala de datos, común para los diferentes productos. Se realizaron estudios de laboratorio incubando a 20°C, a capacidad de campo, 5.000 ppm de calizas en un suelo de la Serie Valdivia. Las granulometrias comparadas fueron: 12-16, 20-30, 40-50, 70-100, 100-140 y 140-200 mesh provenientes de cinco calizas de diferente origen y un testigo (sin adición de caliza). Se midió el pH (0,01M CaCl₂) a los 4, 8, 16, 32, 64 y 128 días de incubación (equivalentes a 6, 12, 24, 48, 96 y 128 semanas). Los IR corresponden al incremento de pH de cada tratamiento expresado como porcentaje del máximo incremento de pH. Se obtiene que, a iguales grados de molienda los productos reaccionaron en forma similar, tanto a corto plazo (12 semanas) para el encalado de corrección como a mediano-largo plazo (48 semanas). A diferencia de los IR foráneos, estos resultados, simplifican la caracterización de los VNE de las calizas del mercado y permiten discriminar claramente rangos de mallajes superiores a 50 mesh, de principal importancia en el encalado correctivo, pero sin perder capacidad discriminatoria con mallajes inferiores, de importancia en el encalado de mantención.

PALABRAS CLAVES: cales agrícolas, suelos ácidos, reactividad de las calcitas.

EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE Cu SOLUBLE EN ANDISOLES

Ricardo Cabeza P., Dante Pinochet T., Roberto Mac Donald H., Daniela Weldt C., Luis Gómez, Fernando Frez B. y Daniel Vega S.

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. (ricardocabeza@uach.cl)

RESUMEN

Los suelos de origen volcánico del sur de Chile, presentan altos contenidos de materia orgánica y arcillas alofánicas, esto les permitiría recibir mayores contenidos de metales pesados, los cuales podrían ser adsorbidos en formas poco disponibles. En base a lo anterior, se realizó un estudio que evaluó la capacidad del suelo como filtro ante la adición de una fuente soluble de Cu (CuSO_4). Se utilizaron tres suelos provenientes de cenizas volcánicas y un suelo de origen granítico. Los suelos correspondieron a las series Puyehue, Puerto Fonck y Osorno, el suelo de origen granítico correspondió a la serie Cauquenes, y fue usado como control. Se determinó el Cu presente en solución, mediante el método de desplazamiento de la solución propuesto por Adams (1974) y Cu extractado con DTPA, estos parámetros fueron utilizados para evaluar la adición de Cu soluble. Los suelos fueron adicionados con dosis crecientes de CuSO_4 , (0; 450; 900; y 1800 mg kg^{-1}). Se establecieron relaciones entre el Cu en solución y el Cu-DTPA y se determinó que los suelos derivados de cenizas volcánicas presentaron niveles de Cu en solución más bajos que los encontrados en el suelo granítico. Los niveles de Cu disponible (Cu-DTPA) presentaron variaciones en todos los suelos evaluados, y los mayores valores de disponibilidad de Cu los presentó el suelo Osorno. Los suelos de origen volcánico mostraron mecanismos de fijación distintos entre sí, y respecto del suelo granítico. El suelo Osorno presentó altos niveles de Cu-DTPA y bajos niveles de Cu en solución, el suelo Puyehue presentó bajos niveles de Cu-DTPA y de Cu en solución, y el suelo Puerto Fonck se situó en una situación intermedia. La relación Cu en solución y Cu-DTPA indica que los suelos de origen volcánico presentan mecanismos de fijación de Cu diferentes al suelo de origen granítico. Se concluye que los suelos de origen volcánico estudiados, presentan mecanismos más eficientes en la inmovilización del Cu proveniente de una fuente soluble.

PALABRAS CLAVES: suelos volcánicos, contaminación de suelos, adsorción de cobre, metales pesados

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CALIZAS SOBRE LA POROSIDAD DEL SUELO

Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Ricardo Cabeza P. y Dante Pinochet T.

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. (ricardocabeza@uach.cl)

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la adición de CaCO_3 sobre las propiedades físicas de dos suelos (Serie Correltue y Serie Tronador), se midió el cambio producido en la distribución de la porosidad del suelo. En parcelas de 9 m^2 se establecieron ensayos con dosis de CaCO_3 equivalentes a 0; 24; y 48 ton ha^{-1} . Los suelos fueron muestreados con cilindros de conductividad hidráulica ($5 \text{ cm L} \times 8,5 \text{ cm d}$), en triplicado. El efecto de la aplicación de CaCO_3 , se evaluó en la densidad aparente (D_a , Mg m^{-3}), densidad real (D_r , Mg m^{-3}), porosidad total (% PT), poros de drenaje rápido (% PDR), poros de drenaje lento (% PDL), poros de agua útil (% PAU) y poros de agua inútil (% PAI). Los puntos se determinaron a las tensiones de 60, 330 y 15.000 hPa . Se realizaron muestreos a los 3 y 6 meses desde la incorporación de la cal. Desde el primer muestreo el suelo Correltue, en el tratamiento testigo presentó una D_a menor que los suelos adicionados con cal. La D_r no presentó variación, permaneciendo constante en los 3 tratamientos. El espacio poroso (% PT) disminuyó en los suelos tratados con cal. Los demás parámetros analizados, no presentaron diferencias entre los tratamientos. En el segundo muestreo se mantuvo una D_a menor en el tratamiento testigo aunque sin diferencia estadística. La D_r , % PT y %PDR, presentaron la misma tendencia que en el primer muestreo, sin embargo tampoco mostraron diferencias estadísticas. Una situación diferente se observó en el suelo Tronador. En el primer muestreo, los tratamientos que incorporaron cal presentaron una menor D_a que el suelo testigo. Los demás parámetros evaluados, no presentaron variaciones entre los tratamientos. En el segundo muestreo, se mantuvo que la D_a fue menor en los suelos tratados con cal. El espacio poroso (% PT) cambió, presentando los suelos tratados con cal, un mayor % PT, independientemente de la dosis aplicada. Los demás parámetros analizados, no presentaron variaciones, aunque existió un aumento del % PDR. Se concluye que el uso de calizas mejoró la condición física del suelo Tronador, sin embargo no afectó significativamente al suelo Correltue.

PALABRAS CLAVES: cal, suelos pesados, espacio poroso.

EFFECTO DE LAS CALIZAS EN LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO

Domingo Suárez F., Fernando Ramírez R., Ricardo Cabeza P. y Dante Pinochet T.

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. (ricardocabeza@uach.cl)

RESUMEN

La cal ha sido utilizada como agente estructurante en muchos tipos de suelos. Sin embargo existe escasa información experimental sobre sus efectos en la estructura de suelos chilenos. En este estudio se evaluó el efecto de la adición cal en la estabilidad estructural de 3 suelos (Series Correltue y Tronador, Asociación Macal) mediante la variación del diámetro medio de agregados (Δ DMA), como índice de la condición estructural del suelo. Se incubaron los suelos en triplicado en potes de 1L, con: Magnecal aplicada en 6; 12; y 24 g kg⁻¹, Soprocal en 12 y 24 g kg⁻¹ y yeso agrícola (Y.A.) en 12 y 24 g kg⁻¹. En cada suelo se incluyó un tratamiento control sin aplicación. Los tratamientos fueron sometidos a ciclos de humectación y secado, en salas climatizadas a 28 ± 2 °C. Para determinar el índice Δ DMA, los suelos fueron tamizados en húmedo y seco con un set de tamices de 20,0, 8,0, 6,3, 4,0, 2,0, 1,0 y 0,5 mm, durante 10 minutos. En el suelo Correltue, sometido a 6 ciclos de humectación y secado y evaluado al final del ciclo 6, los tratamientos aumentaron el Δ DMA, respecto al control, mostrando una menor estabilidad de agregados. Estos resultados fueron diferentes de los obtenidos en los otros 2 suelos evaluados. El suelo Tronador, sometido a 9 ciclos de humectación y secado, evaluado al final de los ciclos 3, 6 y 9, mostró que al final del ciclo 6, todos los tratamientos disminuyen el Δ DMA, mostrando agregados más estables que el control. El tratamiento que produjo una mayor estabilidad de agregados fue Magnecal en dosis de 12 g kg⁻¹. Al final de los 9 ciclos, la tendencia fue similar que al final del ciclo 6, sin embargo las magnitudes del aumento en la estabilidad de agregados fueron menores y la mayor estabilidad fue producida por Magnecal en dosis de 6 g kg⁻¹. En este suelo, el Y.A. no presentó diferencias estadísticas en relación al control en ninguno de los tratamientos evaluados. Por su parte, el suelo Asociación Macal, también sometido a 9 ciclos de humectación y secado, fue evaluado al final de los ciclos 6 y 9. Todos los tratamientos al final del ciclo 6, fueron más inestables que el suelo control, aunque no se determinaron diferencias estadísticas significativas. Al final del ciclo 9, todos los tratamientos presentaron un aumento de la estabilidad de agregados con respecto al suelo control. Sin embargo, los suelos tratados con Y.A. mostraron el menor incremento en la estabilidad de los agregados, siendo sus valores más cercanos al los del suelo control. Los resultados sugieren que el uso de calizas aumenta la estabilidad de agregados en suelos no volcánicos y sugiere su uso en el control de la erosión de suelos pesados.

PALABRAS CLAVES: cal, estabilidad de agregados, suelos pesados

ACIDEZ DEL SUELO Y ALUMINIO INTERCAMBIABLE EN CONDICIONES DE CAMPO EN LA X REGIÓN DE CHILE

Susana Valle T.⁽¹⁾, Dante Pinochet T.⁽¹⁾, Germán Carrasco A.⁽¹⁾ y Daniel Calderini R.⁽²⁾

^{1.} *Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile. (susanavalle@uach.cl, dantepinoche@uach.cl, jermancarrasco@uach.cl).*

^{2.} *Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile. (danielcalderini@uach.cl)*

RESUMEN

En los suelos volcánicos ácidos, las formas fitotóxicas de aluminio son liberadas a la solución suelo (principalmente como Al^{+3}) y la mayoría de las especies vegetales son sensibles a concentraciones micromolares de esta forma, siendo la toxicidad de Al la mayor limitante de estos suelos. En combinación con el Al, existen otros factores que limitan el crecimiento en suelos ácidos, se incluyen en éstos, la concentración de H^+ , la disminución de la concentración de cationes (Mg, Ca, y deficiencia de K) e inhibición de absorción por la disminución del crecimiento radical. Por lo cual, es importante conocer y evaluar los niveles de acidez (en campo) en relación a niveles de Al intercambiable, considerando el cambio que se produce en el nivel de bases del suelo y la saturación de Al. Se evaluaron diferentes niveles de acidez y de Al intercambiable en condiciones de campo en la X Región de Chile. En un suelo volcánico correspondiente a la Serie Valdivia, que no presentaba problemas de toxicidad de Al, se produjeron 5 niveles de Al intercambiable mediante la aplicación de Sulfato de Al en los 20 primeros cm del suelo en el mes de mayo, después de 70 días de estabilización se evaluó la condición de acidez del suelo (pH), Al intercambiable, bases de intercambio y nivel de S. La adición de sulfato de Al produjo cambios en los parámetros de acidez medidos, observando una fuerte, significativa y negativa asociación entre el Al intercambiable y el pH (H_2O , $R^2= 0,91$ y $CaCl_2$, $R^2= 0,98$) y suma de bases ($R^2= 0,88$); una asociación positiva y significativa entre ambos pH ($R^2= 0,93$), Al intercambiable y Al agregado ($R^2= 0,72$) y Al intercambiable y el nivel de S del suelo ($R^2= 0,83$)

PALABRAS CLAVES: acidez, toxicidad Al

APLICACIÓN DE EQUILIBRIOS DE INTERCAMBIO CATIONICO K-Ca EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARÉN Y EN SUELOS ALEDAÑOS

Carmen Pizarro A., María Rubio C., Verónica Vicuña, Jaime Pizarro K. y Gerardo Galindo G.

Universidad de Santiago de Chile. Casilla 40 – Correo 33. Santiago, Chile. cpizarro@lauca.usach.cl

RESUMEN

En Chile prácticamente no existen trabajos relacionados con la interacción de especies químicas entre las fases sedimento:agua en cuencas hidrográficas. Sin embargo, existen numerosas publicaciones sobre sistemas suelo:agua, donde estas interacciones se han estudiado a través de equilibrios de intercambio catiónico (EIC) y la información se ha analizado a través de diferentes modelos. Uno de los equilibrios binarios más estudiados en suelos es K-Ca, cuyas reacciones de intercambio involucra interacciones competitivas. En el presente trabajo se plantea el uso de métodos y modelos de aplicación habitual en suelos, en el estudio de sedimentos, debido a la similitud de ambos sustratos. Se ha seleccionado la laguna Carén para realizar estudios de selectividad de intercambio catiónico K-Ca en sus sedimentos y suelos aledaños. La información se trata a través del modelo de Rothmund-Kornfeld debido a sus ventajas en comparación a otros modelos en el tratamiento de la información y a la calidad de los parámetros obtenidos. Se estudió cuatro suelos aledaños a la laguna Carén (C1, C2, C3 y C4) y dos sedimentos (E1 y E2). Los EIC se realizaron a 25 °C y fuerza iónica constante (0,05 M). De los datos experimentales se obtuvieron: capacidad de intercambio catiónico (CIC), isoterma de intercambio, constantes de equilibrio (Ke) y coeficientes de selectividad (Kc). En los suelos, se observa que a medida que aumenta el contenido de materia orgánica (MO), aumenta la CIC, lo que está indicando que en estos sustratos la MO cumple un papel relevante en los procesos de adsorción de estas especies. De las isoterma de intercambio se deduce que hay una fuerte selectividad por K, con excepción de E1 donde se observa un cambio de selectividad desde K a Ca. Los valores de las Ke confirman esta tendencia y es posible establecer que como resultado del proceso de intercambio E1 tiene una mayor selectividad por Ca, la que está regulada principalmente por el contenido de MO y por la presencia de sitios de mayor afinidad por Ca, en los cuales K no compite. Los resultados observados en el estudio de este sistema hidrográfico son similares a los encontrados en otros sistemas suelo:agua. Se concluye que los EIC y la aplicación del modelo de Rothmund-Kornfeld son adecuados para el estudio de la interacción de especies en sistemas sedimento-agua.

AGRADECIMIENTOS: Proyectos FONDECYT 1040272, 1040032 y DICYT 090312

PALABRAS CLAVES: sedimentos, intercambio catiónico, selectividad K-Ca

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SUELOS EN BOSQUES PRIMARIOS DE *Nothofagus pumilio* (Poepp et Endt.) Kraser Y BAJO MANEJO CON DIFERENTES SISTEMAS DE REGENERACIÓN

Alicia Moretto⁽¹⁾, Aurora Lázzari⁽²⁾, M. Rosa Landriscini⁽²⁾ y Guillermo Martínez Pastur⁽¹⁾

¹. Centro Austral Investig. Científicas, B. Houssey 200, Ushuaia, Argentina cadicmoretto@gmx.net

². Depto. de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. San Andrés 800, Bahía Blanca, Argentina.

RESUMEN

El aprovechamiento forestal de los bosques es una de las causas principales de alteración de la dinámica de los ciclos biológicos y fisicoquímicos que ocurren en una masa boscosa. Además estos ciclos, pueden ser afectados por las diferentes técnicas silviculturales. El bosque de *Nothofagus pumilio*, conforma el ecosistema terrestre dominante de Tierra del Fuego. La lenga es una especie de-cidua cuya foliación se produce desde octubre a abril, y la disponibilidad de nutrientes del suelo está asociada a un proceso cíclico de aportes de la hojarasca. El propósito de este trabajo fue determinar el efecto de distintos sistemas de regeneración con diferentes formas de retención (dispersa y agregada) sobre las principales propiedades químicas de un suelo en un bosque de *N. pumilio*, en Tierra del Fuego, luego de 3 años de producido el impacto. Los sistemas de regeneración ensayados fueron una retención dispersa (**RD**) que dejó 30 m² ha⁻¹ de árboles maduros homogéneamente distribuidos y una retención agregada (**RA**) que dejó un 30% del bosque en forma de agregado circular. Paralelamente, se hizo un muestreo en un sector de bosque sin intervención (**T**). En cada tratamiento se extrajeron 8 muestras compuestas del piso forestal (estratos F y H) y del suelo mineral (0-10 cm), de cada sector. Las muestras se analizaron para pH, carbono orgánico (CO), nitrógeno total (%N), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y fósforo disponible (%P). En éste último caso se evaluó la disponibilidad a lo largo del período de foliación. El N (%) del piso forestal no fue afectado por los sistemas de regeneración. La **RD** presentó los menores valores de C (%) y de CIC. La relación C/N fue menor en la **RD** con respecto al bosque sin intervención. En el suelo mineral, el C, N, la CIC y el pH, fueron significativamente menores en la **RD**. La relación C/N no se vio afectada. Con respecto al P, se observó una tendencia diferente según se trate del piso forestal o del suelo mineral. En el primero hubo un incremento progresivo de P hacia el otoño, siendo su máxima disponibilidad significativamente mayor en la **RD**. En el suelo mineral, no hubo tal tendencia; en cambio existió una marcada disminución de P hacia fines del mes de abril, sin hallarse diferencias entre los tratamientos. La aplicación de los sistemas de regeneración con retención dispersa y agregada sobre el bosque original, produjeron solo mínimas alteraciones sobre las características químicas del suelo. Estos primeros resultados muestran que la **RD** impactaría negativamente las propiedades químicas del suelo y el tiempo es un factor preponderante en la definición de estos cambios.

PALABRAS CLAVES: lenga, manejo silvícola, nutrientes.

EVALUACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE METALES TRAZA EN SUELOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA ENMENDADOS CON BIOSÓLIDOS

Paula Guerra⁽¹⁾, Inés Ahumada T.⁽¹⁾, María Adriana Carrasco R.⁽²⁾ y Gabriela Castillo M.⁽³⁾

^{1.} *Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Olivos 1007, Independencia, Casilla 233, Santiago, Chile (paula.g@ciq.uchile.cl).*

^{2.} *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.*

^{3.} *Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Casilla 2777, Santiago, Chile.*

RESUMEN

Frente al problema de disposición de los lodos estabilizados generados por las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, una alternativa es su aplicación en suelos agrícolas, sin embargo este procedimiento implica ciertos inconvenientes debido al posible contenido de organismos patógenos, metales pesados y compuestos tóxicos. La incorporación de biosólidos al suelo puede modificar la biodisponibilidad de los metales traza, interacción que depende de las propiedades físicas y químicas tanto del lodo, como del suelo y del cultivo. La disponibilidad y toxicidad de los metales en suelos está relacionada a sus formas químicas, las que se pueden determinar a través de técnicas de extracción secuencial que constituyen una herramienta útil para estimar la movilidad de las distintas especies químicas. El presente trabajo estudia en suelos de la Región Metropolitana, mediante el procedimiento de especiación operacional, el efecto de la aplicación de biosólidos sobre Cr, Cu, Pb, Ni y Zn, para así estimar su disponibilidad y relacionarla con la biodisponibilidad de dichos metales, determinada a través de su absorción por dos plantas indicadoras cultivadas en invernadero: ballica y trébol rosado. El estudio se realiza en 4 mollisoles (Series: Taqueral, Pudahuel, Lampa y Piedmont Cuesta Barriga). Las muestras de suelo se trataron con 0 y 30 Mg ha⁻¹ de biosólido y se incubaron a 25°C por 60 días en condiciones de humedad de campo. Se caracterizaron a través de las determinaciones de pH, materia orgánica, CIC y contenido total de metales. Antes y después de la incubación y del cultivo, los suelos fueron sometidos al procedimiento de extracción secuencial de Howard and Shu de 6 etapas para la determinación de las distintas formas de los metales pesados. La incorporación del biosólido al suelo incrementó el contenido total de Cu y Zn previo a la incubación, mientras que para Cr, Ni y Pb no hubo un efecto significativo, similar situación se observó para las muestras incubadas. Para visualizar mejor el efecto del tiempo de incubación y aplicación de lodo sobre la movilidad de los metales traza contenidos en los suelos se realizó un diseño factorial a 2 niveles, detectándose un incremento significativo de la fracción lábil de algunos metales, lo que coincidió con su mayor biodisponibilidad sobre todo de Cu y Zn.

PALABRAS CLAVES: biodisponibilidad, metales pesados, biosólidos

DESCRIPCIÓN DEL EFECTO COMPETITIVO DE FOSFATO SOBRE LA ADSORCIÓN DE MOLIBDATO EN SUELOS DE CARGA VARIABLE A TRAVÉS DE LA ECUACIÓN DE MULTICOMPONENTES DE FREUNDLICH

Erika M. Vistoso G. y María de la Luz Mora G.

Departamento de Ciencias Químicas, Facultad de Ingeniería Ciencias y Administración, Universidad de La Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile. evistoso@ufro.cl

RESUMEN

La adsorción aniónica no ha sido tan estudiada como la catiónica y, a su vez, es muy escasa la información sobre estudios de adsorción competitiva. Sin embargo, estas investigaciones permiten aproximarnos al entendimiento de una situación real y compleja en los suelos de carga variable, como son los andisoles. En el pasado, se han desarrollado varios modelos que describen y predicen procesos de adsorción de P, tanto en laboratorio como bajo condiciones de campo. En el presente estudio, la ecuación de multicomponentes de Freundlich basado en coeficientes competitivos para describir sistemas binarios entre fosfato y arseniato se ha usado para describir la adsorción competitiva entre fosfato y molibdato en andisoles. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto competitivo de fosfato sobre la adsorción de molibdato en cuatro andisoles a través de la ecuación de multicomponentes de Freundlich. Se estudiaron concentraciones constantes de fosfato (0; 0,5; 1,0 y 2,0 mmol L⁻¹) que se adicionaron simultáneamente a concentraciones variables de molibdato (0-5,0 mmol L⁻¹) bajo ambiente de N₂, a pH 5,0; fuerza iónica (0,1 M KCl) y 25°C ± 0,01°C constantes. Los datos experimentales se ajustaron a la ecuación de Multicomponentes de Freundlich: $S_{Mo} = a_{Mo} C_{Mo} / (C_{Mo} + K_{Mo,P} C_P)^{1-b_{Mo}}$; $S_P = a_P C_P / (C_P + K_{P,Mo} C_{Mo})^{1-b_P}$. Donde: S_{Mo} , S_P cantidad de anión adsorbida en presencia del anión competitivo, a_{Mo} y a_P constantes de capacidad de adsorción de Mo y P, C_{Mo} y C_P concentración en equilibrio de Mo y P, $K_{Mo,P}$ coeficiente de competitividad de P sobre Mo y $K_{P,Mo}$ coeficiente de competitividad de Mo sobre P. En general, incrementos en la aplicación de fosfato decrecen entre 10-28% la adsorción de molibdato. Los parámetros obtenidos indican que a_P fue mayor que a_{Mo} . A su vez, $K_{P,Mo}$ fue muy bajo en relación a $K_{Mo,P}$. Los valores de estas constantes indican que la adsorción competitiva entre molibdato y fosfato no es simétrica y que fosfato es mayor competidor que molibdato por los sitios de adsorción. Los incrementos en las concentraciones de fosfato fueron más eficaces en decrecer la adsorción de molibdato. Fosfato compitió por los sitios de adsorción e incrementó la carga negativa neta; sugiriendo que la competencia involucró efectos en el potencial eléctrico.

AGRADECIMIENTOS: Proyectos FONDECYT 1020934, Fundación Andes C-13755-28 y MECESUP FRO 0309.

PALABRAS CLAVES: adsorción competitiva, andisoles, molibdato, fosfato

USO DEL MODELO HYDRUS-1D PARA LA SIMULACIÓN DE LA LIXIVIACIÓN DE Zn^{+2} y Cl^- EN COLUMNAS EN UN ANDISOL.

Mauricio Molina⁽¹⁾, Roxana Fuentes⁽²⁾, Rolando Arredondo⁽²⁾, Raúl Calderón⁽²⁾, Marcia Cazanga S.⁽²⁾, Antonio Reyes R.⁽²⁾ y Mauricio Escudey C.⁽²⁾

^{1.} Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Vegetales. Casilla 306, Santiago, Chile. (mamolina@puc.cl)

^{2.} Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Química y Biología, Departamento de Química de los Materiales. Casilla 40, Santiago, Chile. (mescudey@lauca.usach.cl)

RESUMEN

La utilización de modelos de simulación para describir diferentes parámetros ambientales, como por ejemplo el movimiento y distribución de iones en el suelo, ha ido aumentando progresivamente a nivel mundial. El modelo Hydrus-1D ha sido estudiado con diferentes tipos de suelos, pero existen pocos antecedentes de su aplicación a andisoles, los que poseen características físico-químicas que los diferencian claramente de otros suelos. El objetivo de este trabajo fue simular la lixiviación de Zn^{+2} y Cl^- en el suelo Serie Ralún (andisol), utilizando el modelo Hydrus-1D, el cual permite simular el flujo de agua y el movimiento de solutos en un sistema poroso de saturación variable. Se utilizaron columnas de PVC (5x25 cm) que fueron empacadas a la densidad aparente del suelo y homoionizadas con KCl. El flujo de eluyente (170 mL h^{-1}) fue controlado a través de una bomba peristáltica. Al inicio del experimento se adicionó una solución equivalente a $11 \times 10^{-3} \text{ mol}$ de ZnCl_2 . Los lixiviados se recolectaron cada 100 mL y se analizaron para Zn^{+2} (EAA) y Cl^- (Cloridómetro digital). Con este tipo de columna se logró tener un sistema de condiciones completamente controladas. Luego de 7 h, la lixiviación de Zn^{+2} y Cl^- alcanzó $10,3 \times 10^{-3}$ y 21×10^{-3} moles, respectivamente. La lixiviación de Zn^{+2} es consistente con la magnitud de la constante de afinidad, obtenida a partir de isotermas de Langmuir, para este suelo. Los parámetros hidráulicos (conductividad hidráulica saturada y retención de agua), estimados por el modelo, se encuentran dentro de los rangos esperados para un andisol. El programa Hydrus-1D permitió modelar adecuadamente las curvas experimentales de lixiviación de Zn^{+2} y Cl^- empleando parámetros determinados de manera independiente al modelo, como son la textura, la densidad aparente y la constante de afinidad del Zn^{+2} . El Hydrus-1D puede ser una buena herramienta para modelar y predecir el movimiento de contaminantes en suelos volcánicos.

AGRADECIMIENTOS: a DICYT-USACH y FONDECYT 1030778.

PALABRAS CLAVES: modelación, lixiviación de iones, propiedades hidráulicas.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA SELECTIVIDAD DE INTERCAMBIO K-Ca Y K-Mg EN UNA SIMULACIÓN DE INCENDIO FORESTAL EN ANDISOLES

Marlen Gutiérrez, Carmen Pizarro A., Katherine Avendaño C., Gerardo Galindo G. y Mauricio Escudey C.

Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile. Av. L. Bernardo O'Higgins 3363, Estación Central, Casilla 40 – Correo 33, Santiago, Chile.

RESUMEN

Anualmente, entre la VIII y X Región, ocurren alrededor de 4.000 incendios forestales, produciéndose mayores daños en los suelos a medida que aumenta la temperatura. Uno de los efectos más importantes es la destrucción total o parcial de la materia orgánica, situación que incide en la capacidad y la selectividad de intercambio catiónico. En este trabajo se estudia el efecto del calentamiento sobre la selectividad de intercambio K-Ca y K-Mg de tres suelos de origen volcánico clasificados como andisoles, empleando temperaturas que habitualmente se alcanzan durante un incendio forestal. Los suelos empleados fueron Diguillín (36°53'S 72°10'O), Nueva Braunau (41°19'S 73°06'O) y Ralún (41°32'S 73°05'O), extraídos desde 0-15 cm de profundidad y con partículas de tamaño < 2 mm. Los equilibrios de intercambio catiónico (EIC) se realizaron a fuerza iónica constante (0,05 M) en muestras calentadas a 25, 105 y 500°C y los datos se trataron empleando el modelo de Rothmund-Kornfeld. Al aumentar la temperatura de calentamiento en los suelos, a 105°C ocurre la deshidratación de la materia orgánica (MO) y se observa una tendencia a aumentar la CIC, sin que se modifique el pH de equilibrio. Entre 105 y 500°C se observa una disminución de la CIC y un aumento del pH de equilibrio debido a la destrucción de la MO y a la formación de carbonatos. En estos suelos de carga variable el aumento del pH de equilibrio implica un aumento de la CIC, de manera que a 500°C este efecto es sobrepasado por la magnitud de la destrucción de la MO. La selectividad por K, en ambos equilibrios (K-Ca y K-Mg), aumenta con la temperatura en todos los suelos y la secuencia de selectividad $K > Ca > Mg$ no varía. Los cambios en las CIC y el aumento de selectividad por K a medida que aumenta la temperatura de calentamiento, están principalmente relacionados a cambios en la MO, más que a modificaciones de la carga superficial debida a alteraciones del pH de equilibrio.

AGRADECIMIENTOS: Proyectos FONDECYT 1030778 y 1040272

PALABRAS CLAVES: selectividad de intercambio, efecto de la temperatura de calentamiento, andisoles

DISTRIBUCIÓN Y ESPECIACIÓN DE Cu y Zn EN PROFUNDIDAD EN ULTISOLES CHILENOS TRATADOS CON LODOS Y CENIZAS DE LODOS.

Juan Förster M., Nicolás Arancibia, Justo Torres, Gerardo Galindo G. y Mauricio Escudey C.

Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile. Avda. L. Bernardo O'Higgins 3363, Estación Central, Casilla 40, Santiago, Chile.

RESUMEN

El tratamiento de aguas servidas domiciliarias da origen a grandes volúmenes de residuos que, en forma de lodo o derivados como las cenizas, necesitan de una disposición final. Su aplicación potencial tanto en cultivos tradicionales como forestales hace imprescindible contar con estudios del comportamiento de los suelos chilenos frente los distintos componentes que poseen estos desechos. La presencia de metales pesados, como Cu y Zn (importantes por su cantidad relativa), ameritan estudiar su distribución en profundidad en ultisoles, considerando tanto los contenidos totales como las formas químicas asociadas. Se emplearon los suelos Collipulli y Metrenco los que conjuntamente con el lodo y sus cenizas fueron caracterizados para contenido de materia orgánica, pH, conductividad, densidad aparente y retención de agua. La distribución cuali y cuantitativa de Cu y Zn en profundidad se estudió en columnas de lixiviación de 10 cm de diámetro por 25 cm de altura, compactadas a la densidad aparente del suelo, manteniendo una columna control y dos columnas a las que se agregó 30g de lodo y la ceniza proveniente de 30g de lodo. A cada columna se le hizo pasar 12 volúmenes de poro de agua bidestilada, después de lo cual se cortaron en secciones de 5 cm. En cada sección se determinó Cu y Zn en las soluciones obtenidas mediante una extracción secuencial, que permite asociar los contenidos a formas químicas intercambiables, sorbidas, unidas a materia orgánica, unidas a carbonatos y residual. Se observó una escasa movilidad del Cu y Zn aportados por el lodo y la ceniza, la mayor concentración se encuentra en los primeros 5 cm disminuyendo en profundidad. Los aportes mayoritarios están asociados a formas orgánicas y residuales en el lodo y a formas residuales y carbonatos en el caso de las cenizas. La cantidad total lixiviada, luego de 12 volúmenes de poro, representa menos del 0,1% del total incorporado, aún cuando en los suelos tratados con cenizas hay un aumento en la solubilización de Cu y Zn. La retención de Cu puede ser atribuida, en parte importante, a la interacción con la materia orgánica, mientras que la retención de Zn dependería de la formación de especies insolubles (carbonatos, hidróxidos y óxidos).

AGRADECIMIENTOS: a DICYT/USACH y FONDECYT 1030778

PALABRAS CLAVES: metales pesados, alofán, Cu y Zn, suelos con lodos, ultisoles de Chile.

EVALUACIÓN DE BIODISPONIBILIDAD DE Mn, Fe, Cu Y Zn EN SUELOS TRATADOS CON BIOSÓLIDOS USANDO LECHUGA Y BALLICA

María Adriana Carrasco R.⁽¹⁾, Olga León S.⁽¹⁾, Luis Solís D.⁽¹⁾, Inés Ahumada T.⁽²⁾, Cristina Pedraza J.⁽¹⁾, Gabriela Castillo M.⁽³⁾ y Angélica Sadzawka R.⁽⁴⁾

¹ Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago, Chile. (acarrasc@uchile.cl)

² Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Casilla 233, Santiago

³ Universidad de Chile, Fac. de Cs. Física y Matemáticas, Casilla 2777, Santiago

⁴ Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina, Casilla 439, Correo 3, Santiago

RESUMEN

Los grandes volúmenes de biosólidos (lodo) que se están generando en el país constituyen un problema por resolver en cuanto a su disposición final. La alternativa de utilizarlos en suelos agrícolas puede ser una opción porque aportan nutrientes y mejoran las propiedades físicas del suelo. Sin embargo, existe el riesgo de acumulación de metales pesados (MP) y aumento de su biodisponibilidad en los suelos. Entendiendo por *biodisponibilidad* la fracción de MP que está inmediatamente disponible para su absorción por las plantas. Debido a la falta de información a nivel nacional sobre la biodisponibilidad de MP en suelos locales tratados con lodos, en este trabajo se evalúa el efecto de los lodos sobre la biodisponibilidad de Mn, Fe, Cu y Zn, usando plantas indicadoras. Para ello, se realizaron dos ensayos de invernadero, uno con lechuga (*Lactuca sativa* L.) y otro con ballica (*Lolium perenne* L.). En ambos se utilizó un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial 2*5; siendo los factores suelo (Serie Maipo y Serie Lo Vásquez) y dosis de lodo (0, 15, 30, 45 Mg ha⁻¹ y testigo fertilizado). Se analizó la concentración de Mn, Fe, Cu y Zn en el tejido aéreo y de raíces. La distribución de los MP en el tejido vegetal dependió del metal, del cultivo y del suelo, quedando el Mn, Cu y Zn concentrados principalmente en las raíces y el Fe en las hojas, especialmente en las de lechuga. En ambos suelos, la concentración de Cu y Zn tiende a aumentar con el aumento de la dosis de lodo, mientras que, la concentración de Fe varía dependiendo del tipo de suelo; en el suelo MAO tiene una respuesta positiva, no así en el suelo LVZ, donde el Fe disminuye con la dosis de lodo. La concentración de Cu en ambos cultivos fue mayor en el suelo MAO, pero la concentración de Mn fue menor. Las diferencias entre los suelos están asociadas principalmente al pH, a la capacidad de mineralización y contenidos iniciales de P disponible en los suelos. Biodisponibilidad de MP dependió del metal, suelo y dosis de lodo.

AGRADECIMIENTOS: Fondecyt N° 1020129.

PALABRAS CLAVES: biodisponibilidad, metales pesados, Series Maipo y Lo Vásquez

TOLERANCIA A METALES PESADOS EN CEPAS DE *Suillus luteus* PROVENIENTES DE DIFERENTES SUELOS FORESTALES

David Navias S., Ángela Machuca y Guillermo Pereira C.

Departamento Forestal, Universidad de Concepción, Unidad académica Los Ángeles, J.A.Coloma 0201, Los Ángeles, Chile (dnavias@udec.cl) (angmachu@udec.cl) (gpereira@udec.cl)

RESUMEN

La mayoría de los metales ejercen toxicidad sobre los organismos que habitan los ecosistemas terrestres sobre una cierta concentración, la cual puede variar, dependiendo del organismo afectado, las propiedades físico-químicas del metal y de factores ambientales. Entre dichos organismos, algunos hongos ectomicorrícicos, han desarrollado razas tolerantes a metales pesados (MP) cuando crecen en suelos contaminados. Sin embargo, esta tolerancia también puede ser observada en algunas especies aisladas de suelos no contaminados. Diversos mecanismos bioquímicos han sido involucrados en la tolerancia, entre los que destacan los agentes quelantes de metal (sideróforos y ácidos orgánicos). En este estudio se determinó la tolerancia *in vitro* a MP en cepas del hongo ectomicorrícico *Suillus luteus*, aisladas de suelos forestales no contaminados de la VIII Región. Las cepas fueron recolectadas de 3 sitios con diferentes características físicas y químicas (I, II y III). El hongo fue cultivado en medio sólido (MMN), adicionado de diferentes concentraciones de los metales Zn (1-10 mM), Cu (0,1-1 mM) y Cd (5-20 μ M). Las placas fueron incubadas a $24\pm 1^\circ\text{C}$, durante aproximadamente 40 días, periodo de tiempo en el cual fue evaluada la velocidad de crecimiento radial (mm día^{-1}) de las colonias fúngicas. Al finalizar el periodo de incubación las placas conteniendo los cultivos fueron extraídas en agua desionizada y en los extractos fue determinada la presencia de agentes quelantes de metal. El análisis de los suelos, reveló que los sitios I y II presentaron propiedades semejantes de textura (arenosos) y pH (6), con bajos contenidos de Fe, Zn y Cu. El suelo del sitio III, de clase textural arcillosa, presentó un pH 4,1 y mayores contenidos de MP. En cultivo *in vitro*, en ausencia de MP, la cepa del sitio III, presentó la mayor velocidad de crecimiento ($1,25 \text{ mm día}^{-1}$). Luego de la adición de metales a los cultivos, se observó que dependiendo del sitio de procedencia las cepas presentaron diversos grados de tolerancia. Sólo la cepa del sitio II, presentó tolerancia a altas concentraciones de ambos metales, en tanto que la cepa del sitio I fue tolerante a Zn, pero no a Cu, y la cepa del sitio III, lo fue a Cu, pero no a Zn. La cepa del sitio II, que mostró tolerancia a ambos metales, produjo los mayores porcentajes de sideróforos cuando creció en ausencia o presencia de bajas concentraciones de Zn y Cu. Los resultados indicaron que el efecto de los MP en el crecimiento de las diferentes cepas de *S. luteus* fue diferenciado y dependió del sitio de procedencia, además de la concentración y tipo de MP involucrado. El efecto del Cd en el crecimiento de *S. luteus* y en la producción de sideróforos se encuentra aún en evaluación.

PALABRAS CLAVES: tolerancia, metales pesados, *Suillus luteus*

VARIABILIDAD DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UN SUELO CRUCERO, ACRUDOXIC HIDRIC HAPLUDAND, COMUNA DE FRESIA, CHILE.

Víctor Gerding S. y Juan E. Schlatter V.

Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Campus Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile. (vgerding@uach.cl, jschlatt@uach.cl)

RESUMEN

Los suelos volcánicos de cenizas intermedias y modernas en el sur de Chile presentan alta potencialidad para plantaciones forestales de rápido crecimiento. El manejo nutritivo de éstas se basa en análisis químicos rutinarios de muestras de suelo que intentan representar grandes superficies y, frecuentemente, condiciones desconocidas del manejo anterior. Por ello y por su variación natural, estos suelos pueden presentar amplia variabilidad de sus características químicas en superficies relativamente reducidas. El objetivo de este trabajo es mostrar aspectos de variabilidad en un suelo de la Serie Crucero (Acrudoxic Hidric Hapludand), que anteriormente fue usado con praderas para ganadería extensiva y agricultura tradicional, y actualmente presenta una plantación de *Eucalyptus nitens* de 5 años de edad. En un predio de la comuna de Fresia (41°01'S – 73°27'O, 200 m s.n.m), con topografía de lomajes, se analizó la variabilidad del suelo en estratos de 10 cm de espesor, de 0 a 40 cm de profundidad, donde se concentra más del 70% de las raíces finas y presenta clase textural franca a franca arcillosa. En un área de 30 ha se distribuyeron seis sectores donde se tomaron tres muestras compuestas de dos submuestras, todas distanciadas entre 1 y 2 m, desde las líneas de plantación hacia el punto medio entre un par de ellas. Se analizó pH en agua, carbono total (oxidación húmeda), nitrógeno total (Kjeldhal), potasio y aluminio extraíbles (acetato de amonio a pH 4,8) y aluminio intercambiable (KCl). Se comparó la variabilidad (coeficiente de variación, CV%) de cada área con la del sector total. Todas las variables presentaron un patrón similar de variabilidad, aunque en distinta dimensión del CV. El pH mostró la menor variación, luego, en forma creciente, nitrógeno, carbono, aluminio y potasio. La variabilidad aumenta paulatinamente con la profundidad hasta una proporción aproximada de 1:3 desde el estrato 0-10 cm hasta el de 30-40 cm. La variabilidad entre sectores fue mayor que dentro de los sectores, en proporción aproximada de 5:1. Esta variación en superficie se relaciona fuertemente con la variación del relieve.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt 1010174.

PALABRAS CLAVES: variación química, suelo volcánico, suelos de Chile

SUELOS ACONDICIONADOS CON LODOS SANITIZADOS Y CON LODOS COMPOSTADOS

María Teresa Varnero M., Pamela Faúndez C. y Claudia Santibáñez V.

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile (mvarnero@uchile.cl) (pamelafaundez@yahoo.es) (csantiba@uchile.cl)

RESUMEN

El uso de lodos, provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas, como fuente de materia orgánica (M.O) para los suelos constituye una alternativa eficaz a otros destinos para su eliminación, y puede ser una vía de reutilización con indudables beneficios para el medioambiente, permitiendo mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Sin embargo, se debe considerar la lixiviación de nitratos y la rápida pérdida de M.O como emisión CO₂ desde el suelo acondicionado, cuando se incorporan estos lodos sanitizados, pero sin una previa estabilización biológica. Con el objeto de evaluar el comportamiento de la actividad microbiológica y la dinámica de mineralización de nitrógeno en suelos acondicionados con lodos compostados (LC) y sin compostar (LS), se realizaron dos ensayos de incubaciones *in vitro* con suelos de aptitud forestal de la V, VI y VII regiones, acondicionados con estos materiales, en dosis equivalente a 15 Mg ha⁻¹, a temperatura de 28°C y 75% de agua aprovechable durante cuatro semanas. Previo a la incubación, se determinaron algunos parámetros químicos de los suelos sin acondicionar y las respectivas mezclas de suelo - lodo, con y sin compostar. Los resultados obtenidos indican que el acondicionamiento de los suelos con los dos tipos de lodos, prácticamente no afecta los valores de pH y de conductividad eléctrica, observándose similares a los de los suelos testigos. Sólo se aprecia un incremento en los contenidos de M.O y de nitrógeno total (Nt). El aporte inicial de M.O del LC es mayor que el de LS, pero menor con relación al Nt. Además, estos LC mantienen e incrementan el contenido de M.O de los suelos al haber una menor pérdida de C orgánico en forma de CO₂ emitido a la atmósfera. Esto se ve reflejado por la menor actividad biológica que presentan con respecto a las mezclas de suelos con LS. Ambos acondicionadores aumentan la cantidad de N mineral de los suelos. Sin embargo, la mayor rapidez con que se mineraliza el N de suelos acondicionados con LS, según el ensayo de mineralización neta del N, implicaría una mayor preocupación por establecer límites idóneos para el acondicionamiento de distintos tipos de suelos, con el objeto de prevenir el riesgo por lixiviación de nitratos a las napas freáticas en los suelos enmendados.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto FONDEF D0111034

PALABRAS CLAVES: lodos, acondicionamiento orgánico, compostaje de lodos

EXTRACTABILIDAD DE METALES TRAZA EN SUELOS AGRÍCOLAS ENMENDADOS CON BIOSÓLIDOS

Adolfo Maricán⁽¹⁾, Cristina Pedraza J.⁽¹⁾, Loreto Ascar⁽¹⁾, María Adriana Carrasco R.⁽²⁾, Gabriela Castillo M.⁽³⁾, Pablo Richter⁽¹⁾ e Inés Ahumada T.⁽¹⁾

^{1.} *Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Olivos 1007, Casilla 233 Santiago, Chile (iahumada@ciq.uchile.cl)*

^{2.} *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 1004, Santiago, Chile (acarrasc@uchile.cl)*

^{3.} *Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Casilla 228-3 Santiago, Chile. (gcastilo@cec.uchile.cl)*

RESUMEN

Como resultado del tratamiento de algunos sistemas de aguas servidas, se producen residuos orgánicos denominados lodos o biosólidos, cuya disposición puede provocar impactos negativos en el medio ambiente si su aplicación al suelo es continua, ya que puede conducir a la acumulación de metales pesados en el suelo y desde éste migrar a niveles freáticos o ser absorbidos por las plantas. Sin embargo, constituyen una alternativa de enmienda en suelos agrícolas, ya que aportan materia orgánica, macro y micronutrientes que podrían mejorar suelos degradados. Es importante conocer la disponibilidad de los metales traza y para ello se han utilizado procedimientos de extracción secuencial, los que entregan una aproximación de la distribución de los metales en los distintos componentes del suelo. Estos métodos se caracterizan por ser laboriosos, constan de muchas etapas y por tanto difíciles de ejecutar. Debido a esto es que surgen procedimientos de mayor certeza y de más rápida aplicación, como el propuesto por la BCR (Community Bureau of Reference), que consta de 3 etapas: Fracción soluble en ácido (carbonatos), fracción reducible (FeOx, MnOx) y fracción oxidable (materia orgánica), que se consideran más seguros y fáciles de realizar. El objetivo de este trabajo, fue determinar la disponibilidad de Cu, Cr, Pb, Ni y Zn en muestras de biosólidos, suelos y suelos enmendados con biosólidos a través del procedimiento de extracción secuencial de la BCR. Se utilizaron muestras del nivel superficial de cuatro suelos de la RM tratados con biosólidos en dosis de 15 y 30 Mg ha⁻¹. Se encontró que la aplicación de biosólidos aumentó la disponibilidad de Zn en todos los suelos y de Cu en algunos de ellos, en cambio para los demás metales no se encontraron variaciones significativas.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Fondecyt N° 1050288

PALABRAS CLAVES: biosólido, metales pesados

ESTUDIO DE COMPETENCIA EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN DE DOS FUNGICIDAS EN DIFERENTES SUELOS

Sylvia V. Copaja C., Fernanda Valdivieso y Víctor Gatica

Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Casilla 653, Santiago, Chile. (scopaja@uchile.cl)

El destino de los plaguicidas en el suelo, después de cumplir con su efecto fitotóxico, depende ampliamente de sus interacciones con la fracción sólida del suelo. Inicialmente estas interacciones son de tipo físico-químico y corresponden a procesos de adsorción que definen la biodisponibilidad del compuesto y la capacidad de movilizarse en el perfil del suelo, con el riesgo de convertirse en contaminantes por acumulación en aguas subterráneas. En este trabajo se realizó un estudio comparativo y de competencia de la interacción de dos fungicidas, de diferente carácter hidrofóbico, Captan y Thiram, en suelos de diferentes características físicas y químicas. Las muestras de los suelos estudiados: Peralillo, Santa Bárbara, Ralún y Vásquez, (0-20 cm) fueron secadas al aire y tamizadas (< 2 mm). Parámetros como: textura, pH, contenido de agua, conductividad eléctrica y contenido de materia orgánica, fueron determinados de acuerdo a métodos descritos. Las isotermas de adsorción se obtuvieron agitando las disoluciones de ambos fungicidas en diferentes concentraciones, a temperatura constante en un sistema batch por 24 h. La concentración de los fungicidas en el equilibrio se obtuvo con la ayuda de un cromatógrafo líquido HPLC. Resultados encontrados indican que aunque la solubilidad de Captan es aproximadamente 10 veces menor que la solubilidad de Thiram, este último es más adsorbido en los suelos estudiados. Por otro lado la adsorción de Captan es dependiente del contenido de materia orgánica de los diferentes suelos, debido probablemente, a la posibilidad de la molécula de formar puentes de hidrogeno con los componentes orgánicos de los suelos. Mientras que la adsorción de Thiram en cambio, mostró cierta dependencia con el contenido de arcilla, debido probablemente a que esta molécula presenta posibilidad de interacción mediante pares de electrones no compartidos con orbitales vacíos de iones metálicos ligados a las arcillas. La relación entre las características de los suelos estudiados y los procesos de adsorción aplicando los modelos de Langmuir y Freundlich serán discutidas en este trabajo.

PALABRAS CLAVE: fungicidas, suelos, adsorción

DISTRIBUCIÓN DE METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS DEL RÍO CACHAPOAL

Sylvia V. Copaja C.⁽¹⁾, Loreto Cisterna⁽¹⁾ y Ximena Molina P.⁽²⁾

¹ Depto. Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Casilla 653. Santiago, Chile.
scopaja@uchile.cl

² Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA)

RESUMEN

El río Cachapoal, Sexta Región (34° 15' S; 70° 34' W), es receptor de diversos tipos de afluentes producto de la actividad minera, agrícola y urbana, los que han contribuido a alterar la calidad del recurso. El aporte antropogénico de metales pesados al río data del siglo pasado, los que en parte se han ido acumulando en los sedimentos. Los metales pesados podrían ser liberados desde los sedimentos hacia la columna de agua, lo cual podría constituir un riesgo ambiental tanto para los organismos que lo habitan como para los cultivos de la zona, ya que estas aguas se utilizan para regadío. Se establecieron siete estaciones de muestreo a lo largo del río, considerando distintos grados de intervención, en las que se estudió la distribución de metales pesados en la fracción total, intercambiable y biodisponible mediante el método de extracción secuencial. La determinación analítica fue realizada por Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectrometry. De los 19 metales pesados presentes en la fracción residual, se encontró, Al entre 35,9 y 59,9 % y Fe entre 35,3 y 56,7 % en todas las estaciones. En la fracción intercambiable se detectó Al, Fe, Ba y Mn siendo este último el predominante, representando alrededor del 50% del total de metales. El contenido de metales biodisponibles, solubles en agua, encontrados en los sedimentos en la estación Pangal se detectó sólo Al y Fe, siendo ésta la estación de aguas más limpias, en las estaciones más intervenidas se incorporan otros metales. Así, en Las Cabras se encontró Al, Fe, Cu, B, Ba y Mn siendo siempre el Al el elemento más abundante. Adicionalmente de acuerdo al pH ligeramente alcalino de los sedimentos y por cálculos teóricos se pudo establecer que estas especies químicas estarían principalmente en forma de carbonatos. En este trabajo se discutirá la contribución de la intervención antrópica en la acumulación de metales pesados en los sedimentos del río Cachapoal.

PALABRAS CLAVE: sedimentos, metales pesados, contaminación

CARACTERIZACIÓN QUÍMICO-FÍSICA DE SUELOS ASOCIADOS A ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS Y DESÉRTICAS DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE

Margarita Briceño T.⁽¹⁾, Venecia Herrera⁽¹⁾, Mónica Antilén L.⁽²⁾, Josefina Canales⁽³⁾ y Ana Riquelme T.⁽⁴⁾

^{1.} *Departamento de Química, Universidad Arturo Prat. Av. Arturo Prat 2120, Casilla 121, Iquique, Chile. (mbriceno@unap.cl)*

^{2.} *Facultad de Química, Pontificia Universidad Católica. Vic. Mackenna 4860, 6904411, Santiago, Chile. (mantilen@puc.cl)*

^{3.} *Departamento de Química, Universidad de La Frontera. Temuco Chile. (jcanales@ufro.cl)*

^{4.} *Departamento de Agricultura del Desierto, Universidad Arturo Prat. Av. Arturo Prat 2120, Casilla 121, Iquique, Chile. (ariquelm@unap.cl).*

RESUMEN

Los suelos de la zona norte de Chile específicamente de la provincia de Iquique han sido poco estudiados ya que la superficie arable que sostienen en bastante precaria. Sin embargo las regiones secas constituyen en la actualidad uno de los más importantes campos de la geomorfología aplicada y probablemente terrenos para agricultura sustentable en un futuro cercano. En este trabajo se realizó la caracterización químico-física de 14 muestras de suelo distribuidas en el transecto longitudinal desde el altiplano (Coposa y Huasco), precordillera, pampa del Tamarugal y litoral costero (Alto Hospicio). En cada sitio se obtuvo muestras compuestas y representativas de los suelos cultivados y no cultivados, los cuales fueron tamizados a 2 mm. Se realizó los análisis de: pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico fácilmente oxidable (CO), granulometría, N y C Total, capacidad de intercambio catiónico (CIC), iones mayoritarios en extractos acuosos, difracción de rayos X (DRX), carbonato de calcio (CaCO_3). Las metodologías utilizadas para los análisis fueron las aceptadas a nivel internacional (certificadas) para muestras de suelo. De los resultados obtenidos es posible apreciar que son suelos neutros a levemente alcalinos, presentan alta CE, bajos contenidos de C (0,1-2,6%) y N total (0,0-0,3%), así como también de caliza (0,0-12%), la CIC es del orden de $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Respecto de la distribución de tamaño de partícula todas las muestras presentan la siguiente distribución: arena>limo>arcilla. La DRX muestra que los minerales más dominantes son el cuarzo y la halita, y los minoritarios son calcita y yeso. Se determinó además los iones mayoritarios en los extractos acuosos y presentan la secuencia: $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ y $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$. Estos resultados son consistentes con la DRX y CE. Es posible clasificar las muestras de suelo primero como suelos afectados por sales y segundo como salinos sódicos. Los suelos La Tirana, Alto Hospicio y Canchones no fertilizados se clasificaron como altamente salinos y sódicos, mientras que las restantes fueron solamente salinas.

PALABRAS CLAVES: suelos salinos, norte de Chile, suelos sódicos

METALES PESADOS Y BIODISPONIBILIDAD[#]

María Adriana Carrasco R.⁽¹⁾, Olga León S.⁽¹⁾ y Edmundo Acevedo H.⁽²⁾

^{1.} *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Ingeniería y Suelos. Casilla 1004, Santiago, Chile. (acarrasc@uchile.cl)*

^{2.} *Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Av. Santa Rosa 11.315, Santiago, Chile. (eacevedo@uchile.cl).*

RESUMEN

El tratamiento de las aguas servidas de la Región Metropolitana está generando una gran cantidad de lodos o biosólidos que requieren de un lugar de disposición. Una posibilidad es su aplicación en suelos de uso agrícola, donde se ha demostrado que los lodos mejoran la fertilidad y propiedades físicas del suelo. Este destino presenta riesgos relacionados con los metales pesados (MP), los que podrían ser traspasados a la cadena trófica. La magnitud del riesgo depende directamente de la biodisponibilidad de los MP para las plantas. La biodisponibilidad (BD) comprende la fracción de metales pesados que está disponible para su absorción por las plantas y corresponde a las formas solubles e intercambiables en el equilibrio del suelo con la solución del suelo. La BD de los MP es un buen indicador de calidad de suelos en relación a estos elementos ya que la concentración total de un determinado MP no tiene relación alguna con su absorción por los cultivos. En este trabajo: 1) se hace una revisión de los conceptos propuestos en la literatura para identificar bajo un nombre común los elementos químicos inorgánicos contaminantes (MP y otros), 2) se analizan las fuentes de ingreso de MP en el suelo, los factores y los mecanismos involucrados en la biodisponibilidad de elementos químicos, principalmente inorgánicos.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto *Criterios de Calidad de Suelos y Aguas de Riego (SAG)*

PALABRAS CLAVES: contaminación de suelos, cadena trófica, biosólidos

INTERVENCIÓN ANTRÓPICA ASOCIADA A LA CULTURA MAPUCHE EN LA ZONA DE LUMACO-PURÉN, IX REGIÓN DE CHILE

Oscar Seguel S.⁽¹⁾, Mario Pino⁽²⁾ y Tom Dillehay⁽³⁾.

^{1.} Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile (oseguel@uchile.cl)

^{2.} Facultad Ciencias, Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile.

^{3.} College of Arts and Science, Vanderbilt University. VU Station B #356050. Nashville, Tennessee, U.S.A.

RESUMEN

Los *Kueles* son montículos artificiales de suelo de diámetro y altura variables (8 a 40 m y 2 a 15 m de base y altura, respectivamente), ubicados principalmente en el valle de Purén y Lumaco, cuyo uso y significado ha sido recientemente reinterpretado en el contexto de la cultura Mapuche. Con el fin de cuantificar el grado de intervención antrópica (transporte, acumulación y compactación) se analizaron muestras de perfiles verticales obtenidos del *Kuel Maicoya* (400 cm de espesor) y sectores aledaños correspondientes a *Kueles menores* (50 cm) y zonas de suelo sin este tipo de intervención. Se analizó en cada muestra el contenido de carbono orgánico, la densidad aparente, el color en seco y la estabilidad al agua de los agregados. Los resultados se compararon con los datos publicados para las Series de suelos de la zona de Purén. Como los *kueles* son construidos por preparación de plataformas y subsecuente acumulación antrópica de suelos, debería esperarse que la variabilidad vertical de las propiedades edáficas refleje sus etapas de construcción y uso. En el *Kuel Maicoya* se observa que tanto la densidad aparente como la materia orgánica presentan una distribución diferente a la de las Series presentes en la zona, tanto en los valores absolutos como en el patrón vertical de variabilidad. En el *Kuel menor* la diferencia ocurre sólo con la densidad aparente. En el *Kuel Maicoya*, aunque la posición del suelo y su textura aseguran un buen drenaje interno, aparecen rasgos redoximórficos que indican alguna restricción en el movimiento del agua, con periodos de anegamiento importante. La estabilidad al agua de los agregados se relaciona con los contenidos de materia orgánica y presenta una gran variabilidad vertical. Es posible reconocer dos niveles de construcción y uso del *Kuel Maicoya*. Existen otros dos niveles que podrían interpretarse como etapas de construcción con un menor grado de uso superficial. Mientras en el *Kuel Maicoya* algunos suelos podrían provenir de las zonas con mal drenaje del piso del valle, el material del *Kuel menor* es de origen local. Ninguno de los suelos de la zona Lumaco - Purén tiene una secuencia de densidades y de materia orgánica como la que presenta el *Kuel Maicoya*, ni tampoco es factible lograr dicha secuencia sólo con intervenciones en la superficie actual del *Kuel*.

PALABRAS CLAVES: antroposuelo, Kuel, mapuche.

DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE EN EL SECANO MEDITERRÁNEO DE CHILE

Carlos Ruiz S.⁽¹⁾, Claudio Pérez C.⁽¹⁾ y Kuni Matsuya.⁽²⁾

^{1.} *CRI Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) . Vicente Méndez 515. Chillán. (cruiz@inia.cl) (cperez@inia.cl)*

^{2.} *JICA - CRI Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) . Vicente Méndez 515. Chillán. (kmatsuya@inia.cl)*

RESUMEN

Se presentan los principales resultados del proyecto *Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo* (CADEPA) en el secano mediterráneo de Chile. La zona se caracteriza por la existencia de medianos y pequeños productores que han desarrollado desde los inicios de la colonización española una agricultura tradicional sobre la base de un sistema productivo fundado en una rotación de pradera natural – barbecho – cereales, sobre el cual se integra a escala menor la ganadería ovina y bovina. Adicionalmente, se cultiva la vid para vino en condiciones de secano. En estas condiciones el medio ha sufrido una degradación severa de sus recursos naturales, debido a prácticas inadecuadas de manejo agrícola. El proyecto ha utilizado una metodología de trabajo participativa de investigación–desarrollo, con el propósito de resolver los problemas de la agricultura tradicional y crear un modelo técnico-económico de agricultura sustentable, que persigue promover el mejoramiento y calidad de vida de los habitantes de la zona. Los objetivos de este trabajo son i) entregar y analizar resultados de la línea de base del proyecto, como antecedentes fisioedafoclimáticos y de los sistemas productivos predominantes y sus características. ii) presentar el programa y resultados de intervención participativa y del manejo integrado de la microcuenca de San José de Ninhue realizado en el proyecto CADEPA, incluido costos y beneficios económicos de las nuevas prácticas y sistemas productivos recomendadas a los productores. Los resultados indican que la zona presenta una serie de restricciones medioambientales. Las líneas de investigación desarrolladas en el proyecto CADEPA han permitido clarificar aspectos muy importantes para afinar el paquete tecnológico propuesto inicialmente. Asimismo, haciendo algunos pequeños ajustes metodológicos, los Grupos de Transferencia Tecnológica (GTT), creados originalmente para grupos de medianos a grandes productores, también son una instancia de transferencia tecnológica para pequeños productores. Finalmente, se ha demostrado que es posible desarrollar una nueva agricultura en el área, conservacionista y productiva, con apoyo tecnológico, incentivos del estado a la infraestructura productiva y la participación decidida de los productores.

PALABRAS CLAVES: cero labranza, secano interior, desarrollo rural.

VALORACIÓN DE LAS CIENCIAS DEL SUELO EN CUATRO ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES RURALES DE LA SEXTA REGIÓN DE CHILE

Juan P. Fuentes E., Amanda Huerta F., Paulette Naulin G., Carlos Oyarzún L. y Cristina Sáez M.

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Casilla 9206, Santiago, Chile. (jufuente@uchile.cl)

RESUMEN

Los actuales programas de estudio impartidos en la educación escolar contemplan el manejo sustentable de los recursos naturales. Estos programas, sin embargo, son llevados a cabo principalmente a un nivel teórico, no permitiendo una valoración completa de los recursos naturales, entre ellos el suelo. Para minimizar este problema, se está realizando un proyecto que contempla el acercamiento de las Ciencias del Suelo a 125 estudiantes pertenecientes a cuatro colegios rurales municipalizados de la Comuna de Coinco, Sexta Región de Chile (39° 14'S; 70° 55' E). Los objetivos principales del proyecto son conocer los conceptos básicos y los métodos para el estudio científico del suelo como un sistema vivo, favoreciendo actitudes que propendan a la sustentabilidad de las áreas rurales en las que se desarrollan los estudiantes. Se han establecido una serie de actividades y estudios a nivel de campo y laboratorio, en las que los estudiantes comprenden y valoran el recurso suelo mediante una aproximación científica. Se han contemplado actividades que abarcan desde la exploración del suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas hasta su relación con otros componentes del ecosistema. Como actividades de terreno se han descrito, en forma simple, pedones localizados en sectores agrícolas de características contrastantes (i.e., textura, profundidad, horizontes, pedregosidad, infiltración y color). En estos se determinó la temperatura del suelo observando los efectos de las coberturas vegetales y la profundidad. Se crearon monolitos a escala de los perfiles de suelo, determinando el color por medio del sistema Munsell y se midió la estabilidad de los agregados. De los suelos descritos se obtuvieron muestras, realizándose experimentos de capilaridad, sedimentación de partículas, efecto de fertilizantes y enmiendas en el pH del suelo y presencia de carga eléctrica en los coloides del suelo. En general, un 90% de los participantes se ha familiarizado y motivado en un nivel satisfactorio con las Ciencias del Suelo, integrando los conocimientos adquiridos, a través del procesamiento y la interpretación de los datos mediante afiches que fueron expuestos y sometidos a referato de los pares. Se comprobó que la continuidad en las actividades, así como la participación directa de los profesores de los colegios, fueron fundamentales para el óptimo desarrollo de un proyecto de estas características.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto Explora-CONICYT ED9/04/076

PALABRAS CLAVES: enseñanza del suelo, valoración ciencias del suelo, conservación.

CALIDAD DE SUELOS DE USO AGRÍCOLA

Edmundo Acevedo H.⁽¹⁾, Juan P. Fuentes E.⁽²⁾, Eduardo Martínez H.⁽¹⁾, Paola Silva C.⁽¹⁾ y María Adriana Carrasco R.⁽¹⁾

^{1.} Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Av. Santa Rosa 11.315, Santiago, Chile. (eacevedo@uchile.cl).

^{2.} Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Av. Santa Rosa 11.315, Santiago, Chile. (jufuente@uchile.cl).

RESUMEN

La calidad del suelo (CS) es la capacidad funcional de un tipo específico de suelo para sustentar productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y aire, y sostener el asentamiento y salud humanos, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo. Este concepto incluye capacidad pro-ductiva, manejo y protección ambiental. Involucra el contenido de C orgánico del suelo, reciclaje de agua, nutrientes y otros compuestos químicos, disponibilidad de agua, recarga de la napa subterránea y la manutención de un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo. La CS es dinámica y cambia en el corto plazo de acuerdo al uso del suelo y las prácticas de manejo. Para evaluar la CS se usan indicadores que permitan analizar la situación actual y futura e identificar puntos críticos con respecto a sustentabilidad. En este trabajo se analiza la CS en un suelo Entic Haploxeroll de la zona central de Chile a través de los cambios fisi-cos, químicos y biológicos, como indicadores de CS, inducidos por labranza y su efecto sobre una rotación trigo-maíz. Se estudió el efecto de la cero labranza (NT) y labranza convencional (CT) sobre la CS en un período de 10 años. Los indicadores, propiedades físicas, químicas y biológicas de CS fueron sensibles al manejo del suelo. En CL mejoró CS por aumento de carbono orgánico cercano a la superficie del suelo (0-5 cm), aumento de la estabilidad de los agregados, medida por su diámetro ponderado medio, aumento de la disponibilidad de agua para las plantas y del nivel de P y K asimilable, disminución del pH en un suelo alcalino (pH 8,3), mayor actividad biológica determinada por el número de lombrices por metro cuadrado y una mayor densidad de raíces cercana a la superficie con respecto a CT. Pero en CL hubo evidencia de menor disponibilidad de nitrógeno para las plantas, compactación de suelo y disminución de la tasa de infiltración de agua, requiriendo periódicas rupturas del suelo con arado cincel. Los cambios observados se expresaron en el rendimiento de los cultivos de la rotación a través de una interacción significativa años de manejo x sistema de labranza sobre el rendimiento de trigo y maíz.

AGRADECIMIENTOS: Proyecto *Criterios de Calidad de Suelos y Aguas de Riego* (SAG), (INDAP) (Ministerio de Agricultura de Chile); FONDEF D99I1081 y Fondecyt N°1050565.

PALABRAS CLAVES: agronomía, labranza, suelo, calidad de suelo.

INDICE DE AUTORES

- Acevedo Edmundo (100, 192, 196)
Aguilera S. M^a (109, 168, 169)
Ahumada Inés (101, 179, 184, 188)
Ahumada Rodrigo (125)
Alvarado Pablo (108)
Alves Bruno (38)
Alvear Marysol (78, 111, 112, 113, 114, 115, 119)
Antilén Mónica (191)
Arancibia Nicolás (105, 183)
Aravena René (166)
Aravena Mary-Sol (144)
Araya Elías (71)
Arellano Eduardo (129)
Arnold Richard (24)
Arredondo Rolando (181)
Ascar Loreto (188)
Astorga Marcia (111, 114)
Avendaño Katherine (182)
Ávila Gonzalo (102)
Barrandeguy Margarita (81)
Barraza Laura (151)
Barrenechea Margarita (117)
Benavides Carlos (74, 92, 125, 127, 139, 144, 149)
Boddey Robert (38)
Borie Fernando (80, 116, 118, 123, 142)
Borie Gilda (109, 168, 169)
Briceño Margarita (170, 191)
Cabeza Ricardo (157, 159, 164, 173, 174, 175)
Calderini Daniel (176)
Calderón Raúl (181)
Campillo Ricardo (71, 135)
Canales Josefina (191)
Cañete Alberto (154)
Cárcamo Víctor (83)
Carrasco Germán (90, 176)
Carrasco M^a Adriana (67, 68, 91, 101, 167, 179, 184, 188, 192, 196)
Carrillo Rubén (110)
Cartes Paula (99)
Casanova Manuel (74, 94, 126, 127, 128, 139, 149, 154, 162, 163)
Castellaro Giogio (128)
Castillo Alejandra (65, 66)
Castillo Carolina (93)
Castillo Claudia (80, 118)
Castillo Gabriela (101, 179, 184, 188)
Castillo M^a Haydée (154)
Cazanga Marcia (103, 151, 181)
Cazanga Rodrigo (137)
Cea Mara (106, 120, 121)
Ceballos Ricardo (122)
Centron Angel (71)
Chamorro Santiago (138)
Chang Andrew (105)
Cisterna Loreto (190)
Cisternas Marco (72, 102)
Claret Marcelino (71, 88)
Cofre Ximena (122)
Contreras Eduardo (165)
Contreras Karsten (150)
Copaja Sylvia (189, 190)
Córdova Carolin (81)
Cuevas José (97)
Curaqueo Gustavo (115)
Dassé Germán (146)
Dec Dorota (155)
Délano Guillermo (149)
Díaz Angélica (157)
Díaz Manuel (170)
Díaz Octavio (129)
Diez M^a Cristina (106, 120, 121)
Dillehay Tom (193)
Dörner José (155, 156)
Ellies Achim (97)

Escárate Karin (75)
 Escudey Mauricio (103, 105, 151, 181, 182, 183)
 Espinosa Alejandro (111, 112)
 Espinoza Soledad (62)
 Etchevers Jorge (134)
 Faúndez Pamela (187)
 Fernández Rodrigo (136)
 Ferreyra Raúl (125)
 Flores Alejandra (170)
 Flores Hugo (167)
 Förster Juan (105, 151, 183)
 Frez Fernando (173)
 Fuentes Bárbara (171)
 Fuentes Juan P. (100, 195, 196)
 Fuentes Ricardo (90, 143, 146)
 Fuentes Roxana (181)
 Fuentes Verónica (125)
 Gaete Hernán (102)
 Gaete Nelba (113)
 Galantini Juan (77, 136, 140)
 Galindo Gerardo (103, 105, 151, 177, 182, 183)
 Gallardo Felipe (117)
 Gallardo Mario (131)
 Gálvez Loreto (149)
 García de Cortázar Víctor (163)
 García Huidobro Jorge (125)
 Gatica Víctor (189)
 Gerding Víctor (152, 153, 186)
 Godoy Roberto (79)
 Gómez Luis (173)
 González Juan (94)
 Grez Renato (167)
 Guerra Paula (179)
 Guerrero Marcela (168)
 Gutiérrez Fany (81)
 Gutiérrez Marlen (151, 182)
 Haberland Julio (94, 127)
 Hernández Juan (82, 87, 98)
 Hernánz José (160, 161)
 Herrera Venecia (191)

Hildebrand Ernst (152, 153)
 Homer Ian (160, 161)
 Horn Rainer (96, 155, 156)
 Horta Jaime (82, 87, 98)
 Howieson John (116)
 Huerta Amanda (195)
 Hurni Hans (58)
 Iglesias Julio (77)
 Iroumé Andrés (66)
 Jantalia Cláudia (38)
 Jara Alejandra (104)
 Jeldres Mitzi (70)
 Jobet Claudio (64)
 Joel Abraham (154)
 Kleine Cristian (77)
 Landriscini María L. (136, 178)
 Langer Howard (116)
 Lázzari Aurora (178)
 Leiva Carolina (74)
 Leiva Felipe (83)
 Leiva Lucía (63)
 León Olga (101, 184, 192)
 López Roxana (119)
 López Teresa (82, 87, 98)
 Lutts Stanley (170)
 Luzio Walter (38, 63, 67, 68, 74, 126, 127)
 Mac Donald Roberto (90, 141, 150, 157, 158, 159, 173)
 Macaya Carla (84, 131)
 Machuca Ángela (185)
 Maldonado Mónica (169)
 Maldonado Isaac (166)
 Mancilla Boris (66)
 Maneiro Carolina (77)
 Maricán Adolfo (188)
 Marín Edmundo (91)
 Márquez Leonardo (166)
 Martínez Carolina (101)
 Martínez Eduardo (100, 196)
 Martínez Ingrid (130)
 Martínez Juan P. (170)

Martínez Guillermo (178)	Pino Inés (61, 63, 64, 65, 67, 68, 124)
Matsuya Kuni (194)	Pino Mario (193)
Mattar Cristian (128)	Pino Paulina (108)
Matus Francisco (137)	Pinochet Dante (73, 90, 141, 143, 146, 157, 159, 164, 172, 173, 174, 175, 176)
Mellado Juan (137)	Pizarro Carmen (177, 182)
Menéndez Rodrigo (159)	Pizarro Jaime (177)
Messing Ingmar (154)	Pizarro Rodrigo (148)
Millán Mauricio (147)	Potenza Denisse (67, 68)
Miranda Guillermo (90)	Prieto Bernardo (160, 161)
Molina Mauricio (181)	Pröschle Juan (145)
Molina Ximena (190)	Quezada Celerino (166)
Moll Oscar (67, 68)	Quiroz Andrés (122)
Mora M ^a de la Luz (99, 104, 117, 119, 120, 121, 167, 171, 180)	Quiroz Cristian (95)
Morales Alfredo (80, 123)	Ramírez Fernando (73, 164, 172, 174, 175)
Morales Narkis (129)	Redel Yonathan (142)
Morales Luis (128)	Reyes Antonio (103, 181)
Moretto Alicia (178)	Reyes Francisco (111, 112, 114)
Nario Adriana (61, 64, 67, 68, 124)	Richter Pablo (188)
Naulin Paulette (195)	Riquelme Ana (191)
Navarrete Eduardo (81)	Riquelme Jorge (85)
Navia Rodrigo (171)	Rivas Yessica (79)
Navias David (185)	Rodríguez Marcelo (110)
Neaman Alexander (102)	Rojas Carlos (89)
Nissen Juan (95, 158, 159)	Rojas Claudia (84)
Noguer Verónica (162)	Rosas Analí (119)
Núñez Pedro (171)	Rosell Ramón (140)
Opazo José (91, 101)	Rouanet Juan (61, 64, 65, 78, 80, 113, 115, 118, 124)
Orellana Ivonne (96, 158)	Rubilar Olga (106, 120, 121)
Orellana Roberto (84)	Rubio M ^a Angélica (177)
Ortega Fernando (122)	Rubio Rosa (80, 118)
Ovalle Carlos (130)	Ruíz Carlos (70, 194)
Oyarzún L. Carlos (195)	Ruíz Germán (71, 73, 172)
Oyarzún O. Carlos (79, 145)	Ruíz Rafael (125)
Paiva Galo (113)	Sadzawka Angélica (135, 167, 184)
Palma Graciela (122)	Sáez Cristina (195)
Parada Ana M ^a (61, 64, 67, 68, 124)	Sagredo Camilo (127)
Pedraza Cristina (101, 184, 188)	Salazar Osvaldo (74, 126)
Peirano Pedro (109, 168, 169)	
Pereira Guillermo (185)	
Pérez Claudio (70, 85, 88, 194)	

Sánchez Angela (114)
Sánchez-Girón Víctor (160, 161)
Sandaña Patricio (143)
Sandoval Marco (93)
Santander Gonzalo (109)
Santiago Leandro (77)
Santibáñez Claudia (133, 187)
Santibáñez Fernando (132, 133)
Santibáñez Paula (132)
Schlatter Juan (83, 186)
Schuller Paulina (61, 65, 66)
Seguel Oscar (74, 95, 96, 158, 163, 193)
Sellés Gabriel (125)
Sepúlveda Alejandra (65)
Sepúlveda Paula (78)
Serrano Gerardo (82, 87, 98)
Sierra Carlos (165)
Silva Paola (196)
Solís Luis (184)
Stolpe Neal (93)
Suárez Domingo (73, 164, 172, 174, 175)
Suñer Liliana (140)
Thiers Oscar (152, 153)
Torres Justo (183)

Tortella Gonzalo (106, 120, 121)
Undurraga Pablo (88, 93)
Urquiaga Segundo (38)
Urzúa Horacio (148)
Valdivieso Fernanda (189)
Valenzuela Eduardo (79)
Valle Susana (176)
Varnero M^a Teresa (84, 108, 133, 187)
Vega Daniel (173)
Vera Wilfredo (74, 86, 131)
Vicuña Verónica (177)
Vidal Javier (141)
Vidal Iván (134, 138)
Videla Ximena (61, 63, 64, 124)
Villalobos Blanca (113)
Villegas José (110)
Vistoso Erika (180)
Walling Desmond (65)
Weldt Daniela (173)
Werner Gerd (134)
Yoshikawa Shigehiko (85)
Youlton Cristián (72)
Zagal Erick (62, 93, 130, 134, 147)
Zanetti Silvana (112)
Zepeda José (98)