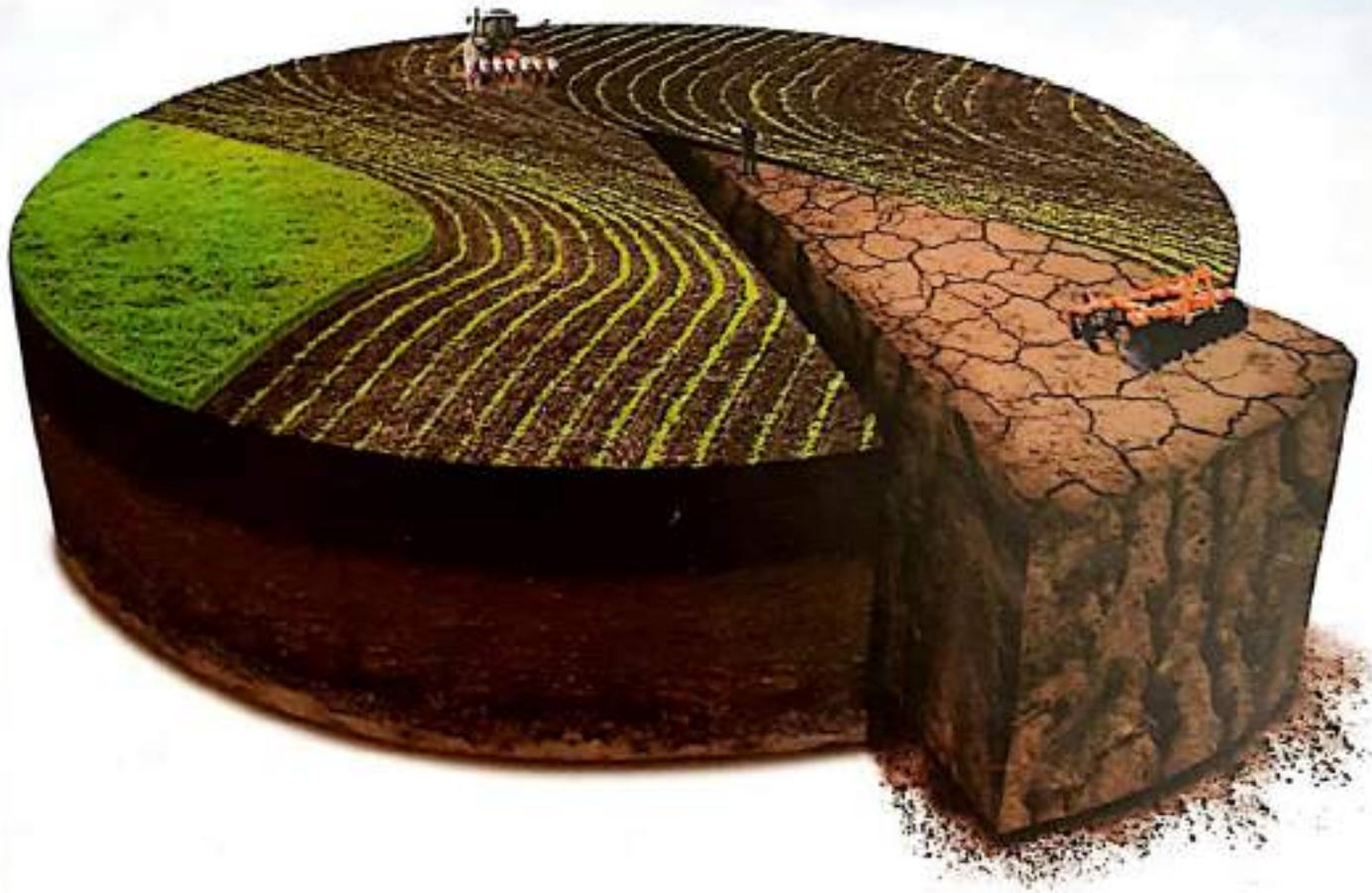
Manual de Buenas Prácticas de Conservación del Suelo y del Agua

EN ÁREAS DE SECANO
TOMO 2

Editores:
Ing. Agr. Roberto R. Casas
Ing. Agr. Francisco Damiano



prosa

FECIC

INTA

Secretaría de Agroindustria

Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

Scanned by CamScanner

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA

EN ÁREAS DE SECANO

Scanned by CamScanner

ING. AGR. ROBERTO R. CASAS
ING. AGR. FRANCISCO DAMIANO
(EDITORES)

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA

EN ÁREAS DE SECANO

TOMO 2

FUNDACIÓN PARA LA EDUCACIÓN,
LA CIENCIA Y LA CULTURA
(FECIC)

Scanned by CamScanner

Manual de buenas prácticas de conservación del suelo y del agua en áreas de secano / Elena Abraham ... [et al.] ; editado por Roberto R. Casas ; Francisco Damiano.
1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Fundación Ciencia, Educación y Cultura, FECIC, 2019.
v. 2, 520 p. ; 22 x 15 cm.

ISBN 978-950-9149-43-4

1. Conservación del Suelo. 2. Manejo del Suelo. 3. Agua. I. Abraham, Elena. II. Casas, Roberto R., ed. III. Damiano, Francisco, ed.
CDD 577.57

Contenido y corrección a cargo de los autores.

Impreso por Editorial Dunken
Ayacucho 357 (C1025AAG)- Capital Federal
Tel/fax: 4954-7700 / 4954-7300
E-mail: *info@dunken.com.ar*
Página web: *www.dunken.com.ar*

Hecho el depósito que prevé la ley 11.723
Impreso en la Argentina
© 2019 Ing. Agr. Roberto R. Casas - Ing. Agr. Francisco Damiano (Eds.)
ISBN Obra Completa 978-950-9149-41-0
ISBN 978-950-9149-43-4

Scanned by CamScanner

Consejo de Administración de FECIC

Presidente
Dr. Eugenio Luis Palazzo

Vicepresidente
Dr. Alfredo Vitolo

Secretaria
Dra. María Margarita Guido

Tesorero
Dr. Guillermo Schinelli

Vocales
Lic. Ignacio Califano
Dra. Graciela Bottini
Dra. Cecilia Recalde

Dirección de PROSA | Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua
Ing. Agr. Roberto R. Casas

IEC | Instituto de Estudios Constitucionales
Dra. Cecilia Recalde

CEA | Centro de Experimentación Audiovisual
Lic. Santiago Palazzo

CEDEC | Centro de Estudios de Emprendimientos Culturales
Cecilia Bunge

Scanned by CamScanner

ÍNDICE

Tomo I

Presentación 17
Eugenio Palazzo

Prefacio 21
Ildefonso Pla Sentís

Prólogo 35
Roberto R. Casas, Francisco Damiano

Índice de Autores 41

Buenas prácticas de manejo y conservación del suelo y del agua en la Argentina 53
Roberto R. Casas, Francisco Damiano

Provincia de Buenos Aires 85
Alberto Sfeir, Hugo Krüger, Roberto R. Casas, Miguel A. Taboada, Francisco Damiano, Gustavo Ferraris, Patricia Carfagno, Maximiliano Eiza, Marcela Piscitelli, Josefina P. Zilio, Franco D. Frolla, Fernanda Spara

Provincia de Catamarca 167
Horacio Andrada, Sixto Viale, José Plaza, Pablo Villafañez, Olga Pernasetti, Oscar Romero

Scanned by CamScanner

Provincia de La Rioja 523
Alberto J. Sfeir, Lisandro J. Blanco, Hugo N. Canelo

Tomo II

Provincia de Mendoza 17
Elena Abraham, Clara Rubio, Darío Soria, Fabián Díaz, Mario Salomón, Mariano Cony, Cecilia Rubio

Provincia de Misiones 63
Norberto M. Pahr, Domingo A. Sosa, Sebastián E. Bárbaro, Jorge L. Lutty Florentín, Néstor Munaretto, Alejandra Von Wallis, Roberto A. Fernández

Provincia de Neuquén 105
Jorge Irisarri, Ana C. Dufilho, Carlos Bududa, Daniel Muguerza

Provincia de Río Negro 145
María V. Cremona, Andrea S. Enriquez, Javier A. Ayesa, Guillermo L. Siffredi, María V. Aramayo, Fernanda C. Izquierdo, Virginia Velasco, Donaldo E. Bran

Provincia de Salta 169
Ramón G. Osinaga, José L. Arzeno, Marcelo Arzelán, Natalia A. Osinaga

Provincia de San Juan 211
Jimena Andrieu, Julieta Carmona, Mariana Martinelli, Juan Scaglia, Raúl Tapia

Provincia de San Luis 243
Juan Cruz Colazo, Osvaldo Barbosa, Emiliano Colazo, Claudio Sáenz, Diego Celdrán, Mario Funes, Oscar Terenti, Juan de Dios Herrero

Scanned by CamScanner

Provincia de Santa Cruz 279
Gabriel Oliva, Daniela Ferrante, Pablo Peri, Victor Utrilla, Emilio H. Rivera, María V. Sturzenbaum, Boris Díaz, Gervasio Humano, Sebastián Ormaechea, Guillermo Martínez Pastur, Lucas Monelos, Rosina Soler, Verónica Gargaglione, Héctor Bahamonde, María V. Lencinas, Francisco Mattenet

Provincia de Santa Fe 319
Mario Basán Nickisch, Beatriz Bonel, Germán Camussi, Julio Denoia, Néstor Di Leo, Patricia Jordán, Alejandro Lahitte, Roberto Marano, Hugo Micheloud, Sergio Montico, Luciano Sánchez, Dora Sosa, Fabián Tejerina Díaz, Rubén Tosolini

Provincia de Santiago del Estero 385
María C. Sánchez, Juana M. López, Alejandro R. Duffau, Fernando A. Galizzi, Gabriela A. Barraza, Mabel E. Amarilla, Salvador Prieto Angueira, Clara M. Berton, Javier Ventura, Marcelo D. Lescano, Ángel del R. Storniolo, Elsa M. Terribile, Juan M. Thir, Walter M. Trejo, Julio A. Pavón, Sofía G. Contreras, Juan Silberman, Ada Albanesi, Analía Anriquez, Carlos R. Kunst, José Domínguez Nuñez, Ariel Suarez, Roxana R. Ledesma, Daniel Grasso, Marcelo Navall, Amanda L. Vizgarra, Paula Venier, Esteban Kowaljow, María V. Vaieretti, Ana Ferreras; Adriana T. Gómez, Ariel Tamer, Omar Puig, Gustavo Coronel, Daniel Prieto Garra, Cristina Angueira, Gabriel A. Angella, Mónica V. Cornacchione, Martín Ledesma, Luciana Bolañez, Laura I. Mas, Carina Álvarez, Natalia Osinaga, José I. Salvatierra, Pablo D. Tomsic, José Lizzi.

Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur 423
Gabriel Oliva, Enrique Livraghi, Enrique Frers, Daniela Ferrante, Victor Utrilla, Emilio H. Rivera, María V. Sturzenbaum, Boris Díaz, Gervasio Humano, Pablo Peri, Sebastián Ormaechea, Guillermo Martínez Pastur, Lucas Monelos, Rosina Soler, Verónica Gargaglione, Héctor Bahamonde, María V. Lencinas, Francisco Mattenet

Scanned by CamScanner

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

María C. Sánchez, Juana M. López, Alejandro R. Duffau, Fernando A. Galizzi, Gabriela A. Barraza, Mabel E. Amarilla, Salvador Prieto Angueira, Clara M. Berton, Javier Ventura, Marcelo D. Lescano, Ángel del R. Storniolo, Elsa M. Terribile, Juan M. Thir, Walter M. Trejo, Julio A. Pavón, Sofía G. Contreras, Juan Silberman, Ada Albanesi, Analía Anriquez, Carlos R. Kunst, José Dominguez Nuñez, Ariel Suarez, Roxana R. Ledesma, Daniel Grasso, Marcelo Navall, Amanda L. Vizgarra, Paula Venier, Esteban Kowaljow, María V. Vaieretti, Ana Ferreras, Adriana T. Gómez, Ariel Tamer, Omar Puig, Gustavo Coronel, Daniel Prieto Garra, Cristina Angueira, Gabriel A. Angella, Mónica V. Cornacchione, Martín Ledesma, Luciana Bolañez, Laura I. Mas, Carina Álvarez, Natalia Osinaga, José I. Salvatierra, Pablo D. Tomsic, José Lizzi.

Regiones ecológico-productivas

La Provincia de Santiago del Estero posee una superficie de 145.690 km² se encuentra ubicada entre los 25º 35' y los 30º 41' de latitud Sur y entre los 61º 34' y los 65º 34' de longitud Oeste. El rasgo más destacado del relieve provincial es su topografía totalmente llana en gran parte del territorio provincial (Figura 1). Para ejemplificar este concepto de chatura de relieve y siguiendo el curso del río Salado en una extensión de algo más de 600Km. el gradiente de pendiente es de 0,054% (curvas nivel de 400 m.s.m.n. y 75 m.s.m. n). Esta característica es interrumpida por la presencia de las serranías de Guasayán y Cerro Remate al Oeste, Sumampa y Ambargasta al Sur con alturas que no superan los 700 m.s.n.m.s.

Scanned by CamScanner

El escurrimiento regional se manifiesta con rumbo Noroeste a Sudeste tal como lo demuestran la presencia de los ríos Salado y Dulce que atraviesan la provincia con dicho rumbo (Duffau y Suarez, 2013).

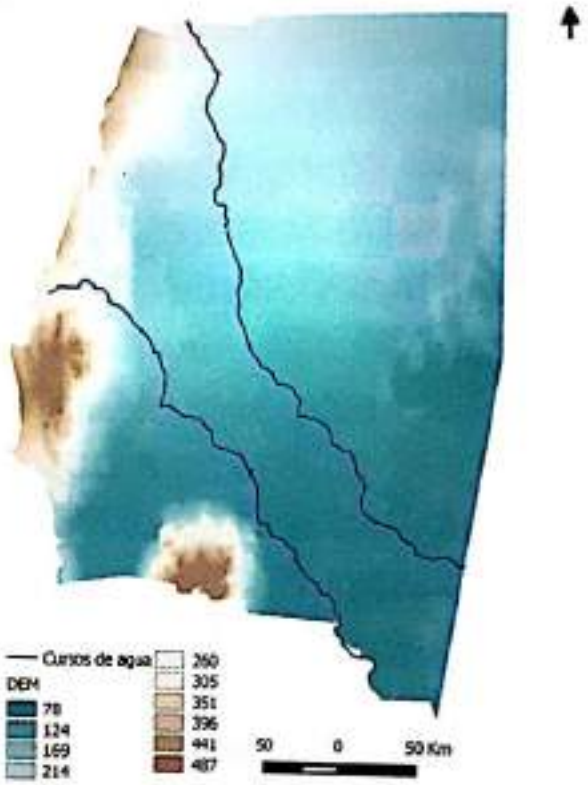


Figura 1. Relieve de la provincia (López *et al.*, [2006] elaboración propia a partir de MDE-AR–Modelo Digital de Elevaciones de la Argentina de 45m del Instituto Geográfico Nacional – IGN, http://www.ign.gob.ar).

Clima: Las precipitaciones en la Provincia de Santiago del Estero disminuyen en sentido Este a Oeste, con un promedio anual de 575 mm y una marcada estacionalidad durante el período estival. Las isoyetas de precipitación media anual se observan en el rango de 550-800 mm siendo mayores en las franjas Sureste y Noreste, mientras que las menores corresponden al Centro-Oeste y Noroeste de la provincia (Figura 2 a). Un estudio de la distribución espacial de las precipitaciones para las provincias del Noroeste Argentino (NOA), identifica 6 regiones donde Santiago del Estero se ubica en la región 2, denominada *"la de precipitaciones pobres en llano del Este*

Scanned by CamScanner

del NOA" con valores anuales inferiores a 600 mm (Atlas Climático del NOA, ACNOA, Minetti 2012). Es en esta región donde se registró una creciente expansión agrícola favorecida, entre otras cosas, por cambios de largo plazo de las precipitaciones donde se incrementaron un 25% los valores promedios a partir de 1960 (Minetti *et al.*, 2012). La temperatura media anual se refleja en las isotermas que observan la gradual disminución de la temperatura con la latitud: 22 °C sector Noreste; 20°C en el Centro y Sur y 19°C en zona de Sierras (Figura 2 b). La provincia se halla inserta dentro de la isoterma de mayor valor en temperatura máxima absoluta 47°C, zona conocida como Polo de calor de América del Sur. La evaporación anual es de 1400 a 1500 mm en todo el territorio de la provincia (Torres Bruchmann, 1981).

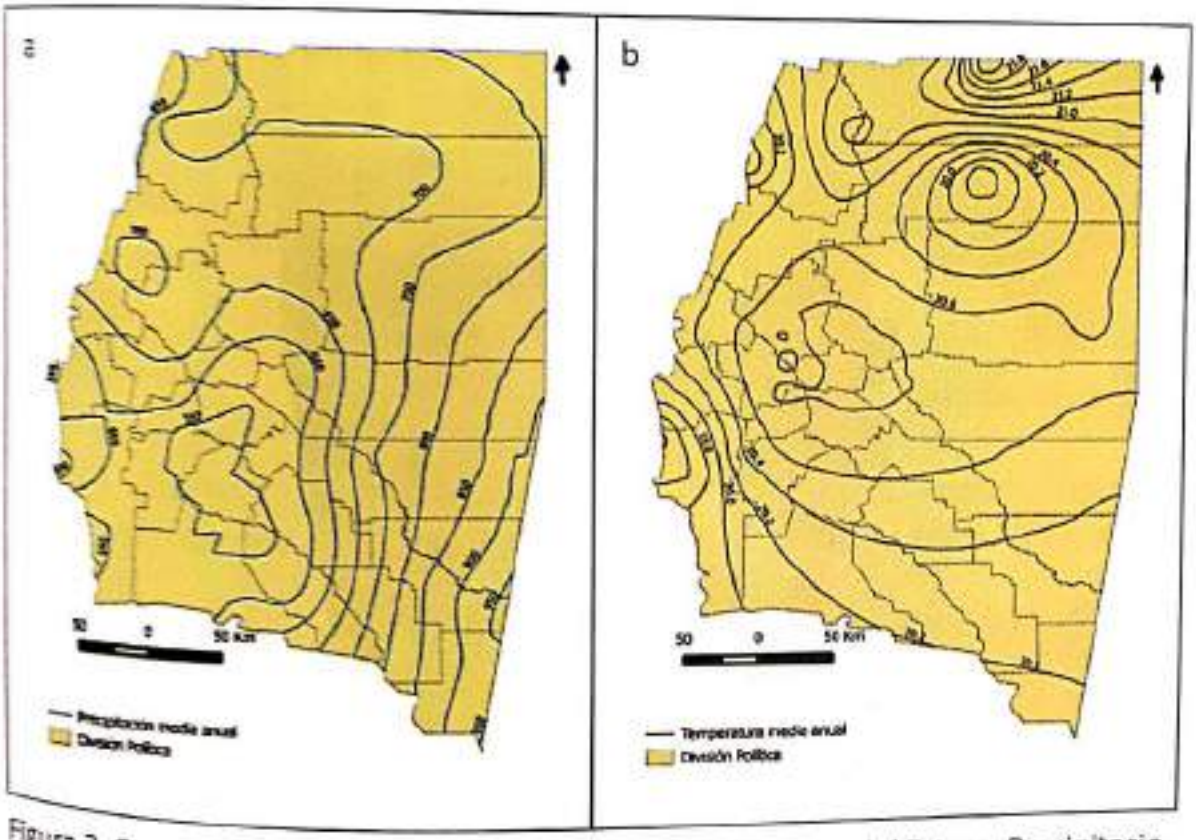


Figura 2. Características climáticas de la Provincia de Santiago del Estero: Precipitaciones medias anuales (a) y temperatura media anual (b). Fuente: Prieto D. *et al.* 2006. Sistema de Procesamiento de Datos agrometeorológicos del NOA (ProDaAgro versión 1.0 publicado en SigSE versión 2.0 (Angueira *et al.*, 2007).

Scanned by CamScanner

Ambientes geomorfológicos

Angueira (2007) identifica 7 unidades geomorfológicas (Figura 3): Alto Ambargasta-Sumampa (A); Llanura Aluvial del Río Dulce (D); Salinas Grandes de Ambargasta (N); Piedemonte Subandino Pampeano (P); Planicie santafesina remanente (R); Llanura Aluvial del Río Salado (S) y Alto Guasayán Recreo (U). La integración de estas características climáticas y de geomorfología da origen a cinco regiones naturales descriptas en Acuña *et al.* (2015).

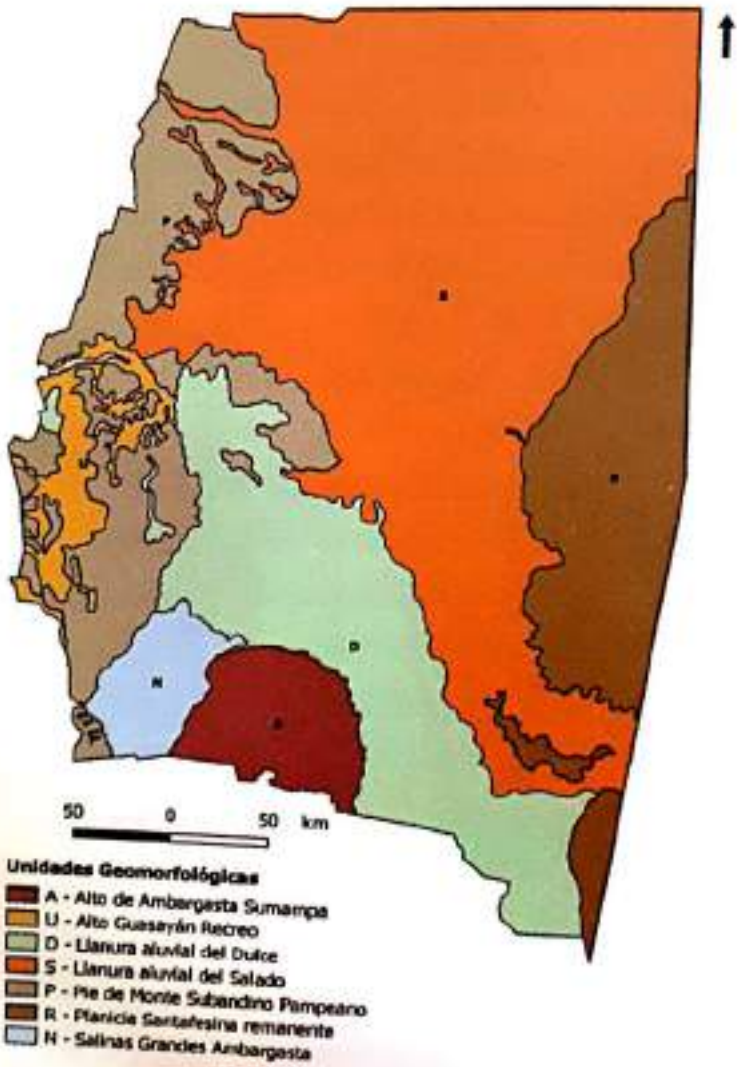


Figura 3. Unidades geomorfológicas de Santiago del Estero (Angueira, 2007) publicado en SigSE versión 2.0 (Angueira *et al.*, 2007).

Scanned by CamScanner

Estas geoformas y características climáticas dieron origen a 4 Órdenes de suelo predominantes: Molisoles, Alfisoles, Aridisoles y Entisoles (Figura 4 a) y sus Subórdenes (Figura 4 b) [Angueira *et al.*, 2007].

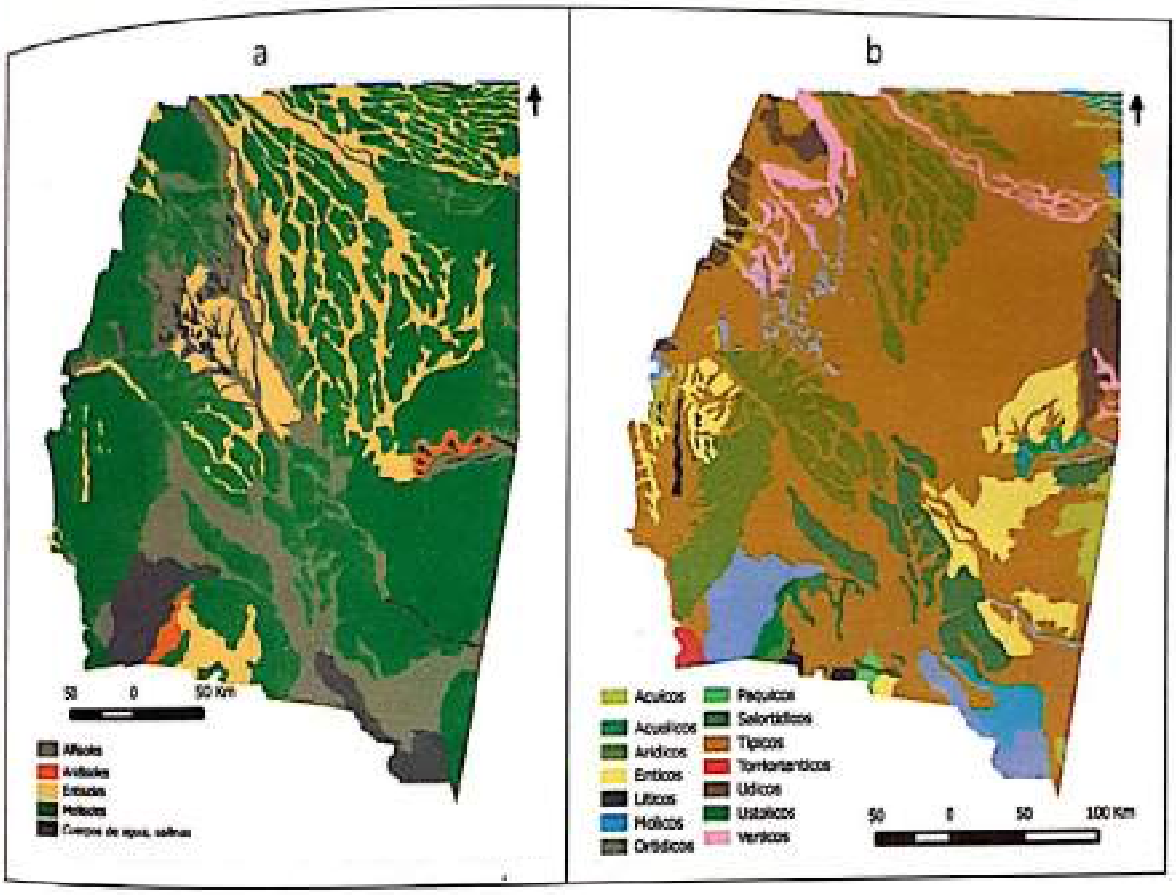


Figura 4. Ordenes de suelos predominantes (a) y subórdenes (b). Fuente: Angueira C. 2007. Los suelos de Santiago del Estero. Publicado en SigSE versión 2.0 (Angueira *et al.*, 2007).

Aptitud de la tierra: Santiago del Estero tiene una superficie apta para producción en condiciones de secano de 12.616.529 ha (87% del total), donde se identifican las áreas de aptitud para las principales actividades productivas según se detallan en el Tabla 1 y Figura 5.

Scanned by CamScanner

Tabla 1. Aptitud de Uso del suelo en Santiago del Estero

APTITUD	Descripción	Superficie (Ha)
A	Agrícola: Apta para cultivos	127.431
AG	Agrícola ganadera: Apta para cultivos con alternancia de pastura	545.248
G1	Ganadera: Apta para pasturas, receptividad 5 ha/UG	27.499
G2	Ganadera: Apta para pasturas, receptividad 5-10 ha/UG	5.757.368
G3	Ganadera: Apta para pasturas, receptividad 10-30 ha/UG	4.096.546
GA	Ganadera agrícola: Apta para pasturas con ciclos de cultivos	1.707.869
I	Tierras con riego	470.598
L	Lagunas y embalses	16.379
RG3	Afloramientos rocosos. Ganadera: Apta para pasturas, receptividad 10-30 ha/ UG	354.568
Sa	Salinas	607.655
	Superficie Total	**13.711.161**
Superficie apta para producción en Secano (ha)	**12.616.529***	

(*) Se resta al valor de superficie total, las correspondientes a I, L y Sa. (López J. *et al.*, 2006)

Scanned by CamScanner

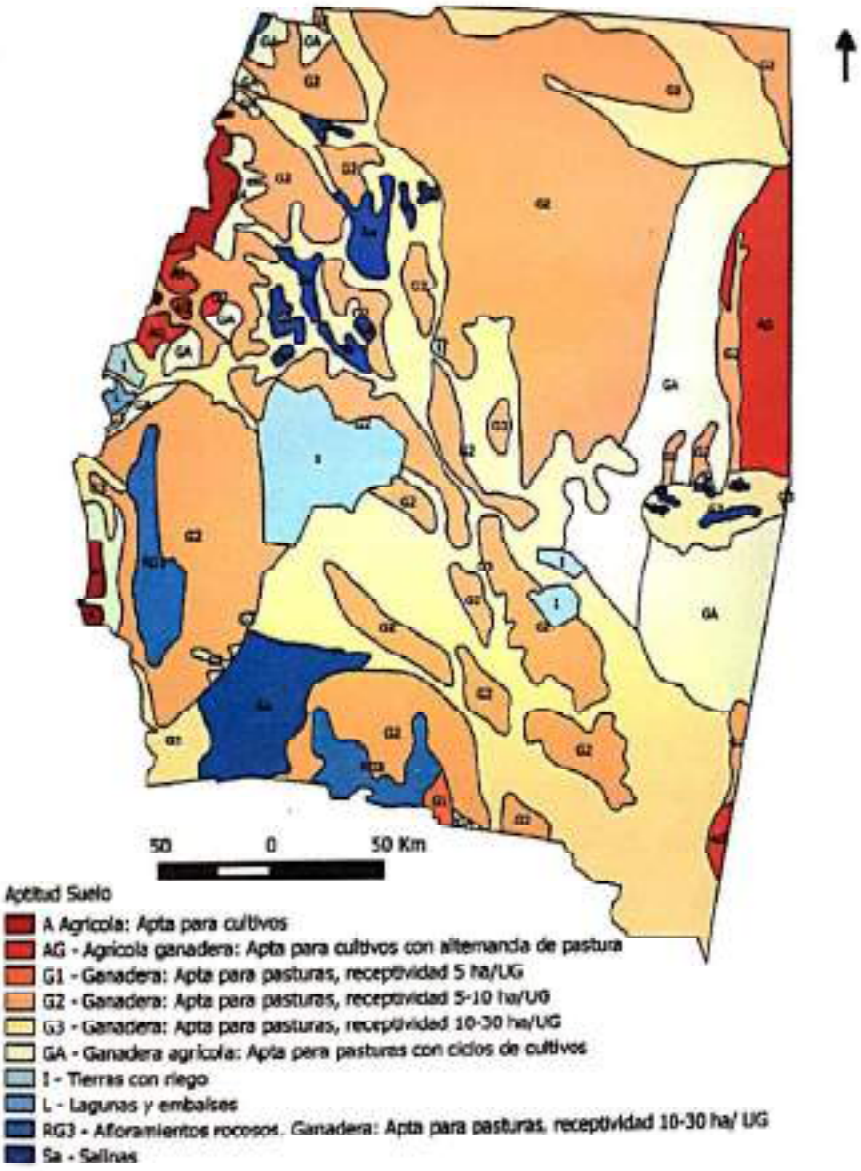


Figura 5. Mapa Aptitud de uso de la tierra en la Provincia de Santiago del Estero. Fuente: Vargas Gil J. (1996). Aptitud y uso actual de las Tierras Argentinas publicado en SigSE versión 2.0 (Angueira *et al.*, 2007).

Principales procesos de degradación de los suelos

Una vez caracterizados los ambientes, se requiere conocer los procesos básicos de degradación que pueden afectar al agroecosistema con el fin de planificar sistemas productivos sustentables pues caso contrario, no se podrán evitar los procesos de degradación a los que son susceptibles estos ambientes.

Scanned by CamScanner

a) Salinización: Los procesos de salinización resultan de una combinación entre factores ambientales y antrópicos. El balance hídrico negativo en todo el año y las distintas prácticas de manejo, potencian el desarrollo de estos procesos en una superficie importante de la provincia. En este mismo sentido, Ochoa (2002), en su trabajo sobre alternativas productivas para gran parte del semiárido salino de Santiago del Estero, publicó resultados promisorios en la aplicación de tecnologías para desarrollar prácticas de producción en ambientes salinos, como así también aprovechamiento de áreas de bañado y estrategias de recuperación de suelos salinos y sódicos en condiciones de secano. Los procesos de recuperación de suelos salinos con prácticas productivas conservacionistas sin riego, son escasas. Sin embargo, una de las propuestas plausibles es la recuperación de suelos salinos con implantación de algarrobo blanco y manejos silvopastoriles (Gómez *et al.*, 2017; Vizgarra *et al.*, 2017).
b) Erosión hídrica y eólica: estos procesos han evolucionado al ritmo del cambio en el uso de la tierra, siendo importante de considerar pues la mayor parte de la provincia tiene ambientes caracterizados como susceptibles a la erosión tanto hídrica como eólica (Acuña et al. 2015). La erosión eólica es más notoria en los meses de agosto a noviembre (invierno-primavera), donde los vientos son intensos y los suelos están secos por ausencia de lluvia en invierno. Los factores predisponentes de la erosión hídrica actual y potencial en la provincia, relieve, precipitaciones y uso de la tierra, se manifiestan con diferentes intensidades en función de la región geográfica que se considere. Así al Este de la isohieta de los 800 mm en gran parte de planicie santafesina remanente, más precisamente al Norte de la ruta Nacional 94 (Quimilí–Gancedo), cobra mayor importancia la intensidad de las precipitaciones que la longitud y gradiente de las pendientes. En tanto que en las regiones pedemontanas del Oeste (Piedemonte subandino pampeano) y Sur (Piedemonte de las sierras de Ambargasta y Sumamapa) las pendientes y texturas de los suelos tienen mayor preponderancia que las precipitaciones.

Scanned by CamScanner

En ambas regiones la cobertura vegetal es un factor determinante para evitar o disminuir tanto la erosión hídrica como la eólica (Duffau, Suarez, 2013).

c) Pérdida de fertilidad física, química y biológica: Este proceso es muy dinámico en el tiempo y el espacio, pues está estrechamente relacionado a las características del paisaje, el ambiente y el sistema de manejo productivo. En ambientes semiáridos, la pérdida de materia orgánica del suelo (MOS) por cambio en el uso de la tierra es significativa en los primeros años, publicándose que se reduce hasta un 70% entre el desmonte y el primer año agrícola (Ramsperberg, 1992). Varios trabajos han registrado mejoras en la concentración y dinámica de la MOS en el medio o largo plazo según el tipo de rotación, grado de cobertura del suelo, manejo conservacionista, manejos silvopastoriles, inclusión de pasturas, entre otras prácticas culturales (Albanesi *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2006; Anriquez *et al.*, 2014; Vizgarra *et al.*, 2015; Galizzi *et al.*, 2014 y 2017). La disminución de la MOS, y textura franco a franco-limosa como predominante, favorecen los procesos de deterioro en la fertilidad física del suelo: i) pérdida de porosidad y de estabilidad estructural provocando densificación de capas edáficas, ii) baja disponibilidad de agua y nutrientes, y iii) disminución de la estabilidad de agregados, lo que se traduce en suelos susceptibles a degradación. Otra situación que provoca pérdida de fertilidad es el hidromorfismo. Las zonas bajas, en particular los sectores Sur Este y Centro Este provincial, son sitios donde los procesos de hidromorfismo se presentan cada vez con mayor frecuencia e intensidad que en otros tiempos, generando problemas productivos a distintas escalas. Se trata de procesos vinculados a cuencas regionales en donde el reemplazo de la cobertura natural del paisaje asociados a ciclos hidrológicos húmedos, desarrollaron procesos intensos de dinámica hidrológica.

Scanned by CamScanner

Normativas legales

Ley Nacional. Nº 22.428 Ley de Fomento para la Conservación de Suelos. La provincia está adherida (Ley Nº 22.428 Ley de Conservación y manejo de suelos).

Ley Nacional N° 25.675 – Ley General del Ambiente.

Ley Nacional N° 26.331/07 Presupuesto mínimos de protección ambiental de los Bosques Nativos.

Ley Nacional Nº 13.273 – Defensa de la Riqueza Forestal, la provincia se adhiere mediante la Ley Prov. Nº 2.125/50, Régimen legal de desmonte por decreto acuerdo Serie "B" Nº 2.340/80 y su modificatoria Nº 5.670.

· Ley Provincial N° 6942/09 "Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Santiago del Estero".

Ley Provincial Nº 6.381 sobre Áreas Naturales Protegidas en el marco de la ley Nº 5.787 (Reserva Provincial de Uso Múltiple), sancionada el 19 de agosto de 1997.

Ley Provincial N° 6.841 – Conservación y uso múltiple de las Áreas Forestales de la Provincia de Santiago del Estero.

Ley Provincial nº 6321/96 normas generales y metodología de aplicación para la defensa, conservación y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales.

Ley Provincial nº 2125/50 adhesión a la ley nacional decreto serie "b" nº 2340/80 – nº 5670/80 y nº 1759/97 régimen legal de desmonte.

Ley Provincial Nº 5.787 – Sobre Áreas Protegidas, sancionada en 1989 (sin reglamentar).

Ley Nº 4869 – Código Provincial de agua – sancionada en 1980 (reglamentada por ley Nº 4.939).

Ley Provincial Nº 5.972 – Sobre el Parque Prov. Copo, sancionada en 1993 (sin Reglamentar).

Resolución 232/18 – Plan Nacional de Suelos Agropecuarios. Ministerio de Agroindustria 31/07/2018 (Art. 2: ... promover la conservación, restauración y manejo sostenible de los suelos agropecuarios, maximizando

Scanned by CamScanner

En ambas regiones la cobertura vegetal es un factor determinante para evitar o disminuir tanto la erosión hídrica como la eólica (Duffau, Suarez, 2013).

c) Pérdida de fertilidad física, química y biológica: Este proceso es muy dinámico en el tiempo y el espacio, pues está estrechamente relacionado a las características del paisaje, el ambiente y el sistema de manejo productivo. En ambientes semiáridos, la pérdida de materia orgánica del suelo (MOS) por cambio en el uso de la tierra es significativa en los primeros años, publicándose que se reduce hasta un 70% entre el desmonte y el primer año agrícola (Ramsperberg, 1992). Varios trabajos han registrado mejoras en la concentración y dinámica de la MOS en el medio o largo plazo según el tipo de rotación, grado de cobertura del suelo, manejo conservacionista, manejos silvopastoriles, inclusión de pasturas, entre otras prácticas culturales (Albanesi *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2006; Anriquez *et al.*, 2014; Vizgarra *et al.*, 2015; Galizzi *et al.*, 2014 y 2017). La disminución de la MOS, y textura franco a franco-limosa como predominante, favorecen los procesos de deterioro en la fertilidad física del suelo: i) pérdida de porosidad y de estabilidad estructural provocando densificación de capas edáficas, ii) baja disponibilidad de agua y nutrientes, y iii) disminución de la estabilidad de agregados, lo que se traduce en suelos susceptibles a degradación. Otra situación que provoca pérdida de fertilidad es el hidromorfismo. Las zonas bajas, en particular los sectores Sur Este y Centro Este provincial, son sitios donde los procesos de hidromorfismo se presentan cada vez con mayor frecuencia e intensidad que en otros tiempos, generando problemas productivos a distintas escalas. Se trata de procesos vinculados a cuencas regionales en donde el reemplazo de la cobertura natural del paisaje asociados a ciclos hidrológicos húmedos, desarrollaron procesos intensos de dinámica hidrológica.

Scanned by CamScanner

Normativas legales

Ley Nacional. Nº 22.428 Ley de Fomento para la Conservación de Suelos. La provincia está adherida (Ley Nº 22.428 Ley de Conservación y manejo de suelos).

Ley Nacional N° 25.675 – Ley General del Ambiente.

Ley Nacional N° 26.331/07 Presupuesto mínimos de protección ambiental de los Bosques Nativos.

Ley Nacional Nº 13.273 – Defensa de la Riqueza Forestal, la provincia se adhiere mediante la Ley Prov. Nº 2.125/50, Régimen legal de desmonte por decreto acuerdo Serie "B" Nº 2.340/80 y su modificatoria Nº 5.670.

· Ley Provincial N° 6942/09 "Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Santiago del Estero".

Ley Provincial Nº 6.381 sobre Áreas Naturales Protegidas en el marco de la ley Nº 5.787 (Reserva Provincial de Uso Múltiple), sancionada el 19 de agosto de 1997.

Ley Provincial N° 6.841 – Conservación y uso múltiple de las Áreas Forestales de la Provincia de Santiago del Estero.

Ley Provincial nº 6321/96 normas generales y metodología de aplicación para la defensa, conservación y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales.

Ley Provincial nº 2125/50 adhesión a la ley nacional decreto serie "b" nº 2340/80 – nº 5670/80 y nº 1759/97 régimen legal de desmonte.

Ley Provincial Nº 5.787 – Sobre Áreas Protegidas, sancionada en 1989 (sin reglamentar).

Ley Nº 4869 – Código Provincial de agua – sancionada en 1980 (reglamentada por ley Nº 4.939).

Ley Provincial Nº 5.972 – Sobre el Parque Prov. Copo, sancionada en 1993 (sin Reglamentar).

Resolución 232/18 – Plan Nacional de Suelos Agropecuarios. Ministerio de Agroindustria 31/07/2018 (Art. 2: ... promover la conservación, restauración y manejo sostenible de los suelos agropecuarios, maximizando

Scanned by CamScanner

su productividad y procurando el mantenimiento de la provisión de sus servicios ecosistémicos, en un contexto global de cambio climático).

Resolución 56/18 – Recategorización de Uso Predial y Cambio de Uso del Suelo. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (23/01/2018). Relacionado a la Ley Nacional N° 26.331.

Prácticas de manejo del suelo y del agua

1. Nombre de la práctica: Cultivos de cobertura invernales en sistemas agrícolas y mixtos en zonas semiáridas

Definición: Los cultivos de cobertura son cultivos que no son cosechados, pastoreados o incorporados en el suelo. Generan cobertura vegetal aérea y raíces en activo crecimiento en el suelo durante el período de barbecho, período que en el área de secano de Santiago del Estero es extremadamente largo (fines de abril a principio de diciembre).

Objetivo: Se realizan con diversos objetivos, entre los que se destacan: i) incremento de la captura y almacenamiento de agua de las precipitaciones, ii) protección contra la erosión, iii) incremento del aporte de carbono y nitrógeno al suelo a través de la fijación biológica en el caso de las gramíneas y leguminosas, respectivamente. Es importante remarcar que en los últimos años los cultivos de cobertura se realizan también en la provincia para un control más eficiente de malezas en general y malezas resistentes o tolerantes a glifosato, contribuyendo por lo tanto al manejo integrado de malezas.

Condiciones para su aplicación: Se recomienda la práctica en lotes que se mantendrán en barbecho entre dos campañas estivales sucesivas. Es particularmente indispensable esta práctica, en lotes con baja cobertura del suelo con rastrojo (rotación con baja participación de gramíneas o posteriores a maíz o sorgo picado para la confección de reservas forrajeras), lotes con excesiva pendiente, lotes con problemas físicos de suelo y lotes con alta infestación de malezas.

Scanned by CamScanner

Superficie estimada de aplicación: La superficie es variable, dependiendo del agua almacenada al momento de la siembra, siendo el promedio provincial en los últimos 5 años de 53.500 hectáreas.

Normas técnicas (Figura 6):

a) Especies y ciclo de las variedades: Por su mayor vigor inicial, resistencia a heladas y sequía se recomienda dentro de las gramíneas el centeno (*Secale cereale*), pudiéndose utilizarse también triticale (*Triticosecale*) o trigo (*Triticum aestivum*). Entre las leguminosas se destacan vicia (*Vicia villosa)* y en menor medida melilotus (*Melilotus albus* y *M. officinalis*). Entre las gramíneas, las variedades de mayor vigor y menor longitud de ciclo serían las preferibles para lograr secados anticipados.

b) Fecha de siembra: La siembra se debe realizar entre los períodos de abril a principios de julio. Cuanto antes se realice la misma, mayor será la probabilidad de recibir precipitaciones antes de la siembra y mayor será el contenido de humedad del suelo y por lo tanto producción de biomasa.

c) Método y densidad de siembra: La siembra se puede realizar con sembradora o en forma aérea con avión. En el caso de siembra terrestre se recomienda lograr densidades de 140 a 180 plantas $m^{-2,2}0$ a 50 plantas m^{-2} y 300 a 400 plantas m^{-2} en las gramíneas, vicia villosa y melilotus, respectivamente. En todos los casos, es deseable el menor distanciamiento entre surcos posible para una rápida cobertura del suelo. En el caso de siembras aéreas se debe incrementar 30 a 50% la densidad de semillas para alcanzar el stand de plantas objetivo.

d) Momento y método de secado: En el caso de las gramíneas y vicia se recomienda el secado entre mediados de agosto a mediados de septiembre (según fecha de siembra, corresponderá a las fases de espigazón a antesis en las gramíneas y floración en vicia). Al realizar el secado en este momento, se logrará en la mayoría de las situaciones, iniciar el ciclo del cultivo estival con igual humedad en el suelo que si no se hubiera realizado cultivo de cobertura. Esto

Scanned by CamScanner

último será más probable de lograr en la medida que se anticipe el secado (variedades de ciclo más corto). En el caso del melilotus, debido a su crecimiento tardío y primaveral, el secado normalmente se realiza en octubre, incrementando el riesgo de un consumo excesivo del agua del suelo. Cualquiera sea la especie, el secado se puede realizar en forma química o mecánica. El secado químico en gramíneas se puede realizar con dosis mínimas de glifosato y en el caso de las leguminosas se recomienda combinarlo con herbicidas hormonales. En el caso de realizar el secado mecánico, el mismo se puede realizar con rolo picador o rolo faca. (Prieto Angueira *et al.*, 2018 a y b; Lescano y Prieto Angueira, 2018; Berton *et al.*, 2018).

Equipos necesarios: Se necesita para su realización sembradora de grano fino o en su defecto de grano grueso (en este último caso, se utilizará el cajón fertilizador para la siembra). En el caso de siembras aéreas se necesita la adaptación del avión para tal fin. En el caso de leguminosas, se necesita tacho inoculador, práctica indispensable para una adecuada fijación biológica de nitrógeno. Pulverizadora o rolo en el caso de realizar secado químico o mecánico (muy baja utilización aún), respectivamente.

Mantenimiento: Debido a que los cultivos propuestos son todos de ciclo anual, no requieren de actividades de mantenimiento. La única precaución que se debe tomar, particularmente en el caso de las leguminosas de lento crecimiento inicial, es que antes o inmediatamente después de la siembra se realice un adecuado control de las malezas presentes.

Scanned by CamScanner

Figura 6. Vista general de experimento de centeno secado en diferentes momentos vs. barbecho químico en la localidad de Isca Yacu (izq.), y lote de *Vicia villosa* en establecimiento agropecuario en Quimilí, Dpto. Moreno (der.). Santiago del Estero.

2. Nombre de la práctica: Evaluación hidrogeológica del subálveo de un río para su aprovechamiento mediante captaciones por drenes horizontales

Globalmente la Argentina dispone de una oferta hídrica media anual por habitante superior a los 22.500 m^3, siendo el 30% del total, agua subterránea que en regiones áridas y semiáridas juega un papel importante ya que su reserva puede asegurar una regulación plurianual del recurso.

Su poco conocimiento (registro, monitoreo y estudio) contrasta con el valor estratégico como fuente de agua. Sin embargo, en los últimos años se advierte una tendencia a su mayor utilización debido a problemas de cantidad, disponibilidad y la variada calidad (contaminación) de las aguas superficiales.

Existen regiones donde sólo se dispone de agua subterránea como fuente de aprovisionamiento de agua. Los métodos de captación son muy variados y es recomendable que se utilice el más adecuado asegurando una explotación sustentable del recurso.

Scanned by CamScanner

El aprovechamiento del agua subsuperficial y del acuífero freático del subálveo de los cauces superficiales transitorios, normalmente se realiza con la habilitación de pozos de gran diámetro que sirven de colectores y reservorios. También pueden utilizarse drenes horizontales ubicados en forma paralela o transversal a estos cauces, que colectan el agua que circula en el subsuelo y lo dirigen y almacenan en reservorios. En ambos casos la explotación esta sistematizada para asegurar su sustentabilidad y el mantenimiento de la calidad del agua.

Definición: Las obras de captación del recurso hídrico subterráneo pueden ser horizontales o verticales. Los drenes horizontales son obras de cañería que tienen la particularidad de captar agua desde un acuífero más o menos somero (libre, semi-libre o confinado), cuyo espesor no permite una explotación por medio de pozos. Su finalidad es obtener el máximo suministro (caudal) con el mínimo descenso (menor perdida de carga) y sin deterioro de las instalaciones.

Objetivo: Captar el agua subsuperficial y la subterránea perteneciente al acuífero freático que circula por el subálveo de los cauces superficiales transitorios mediante drenes horizontales, ubicados en forma paralela o transversal a los mismos.

Mediante un estudio hidrogeológico sistematizar una forma de uso que asegure la explotación sustentable del recurso y permita mantener en el tiempo su calidad y cantidad.

Condiciones para su aplicación: En regiones áridas y semiáridas donde existan cauces superficiales transitorios y se presente la posibilidad de aprovecharla como fuente de provisión de agua segura, destinada al abastecimiento de pequeños asentamientos poblacionales rurales. Por lo general, se tratan de ríos de estilo variable y condiciones hidrológicas semipermanentes a efímeras que circulan sobre un subálveo con acuíferos poco permeables libres o semi-libres.

En este tipo de ambiente fluvial se puede considerar que el clima y la acción antrópica son los factores extrínsecos más relevantes que controlan los ciclos de sedimentación. Por lo general el subsuelo se

Scanned by CamScanner

presenta con paquetes sedimentarios formados por una alternancia de arenas finas, muy finas y limos arcillosos de origen fluvial de deposición continental, cuya génesis es atribuible a condiciones eólicas y ácueas de poca energía por el bajo gradiente regional, que podrían ser responsables de condiciones cíclicas de deposición grano decreciente de los sedimentos.

Como son obras subterráneas, la conveniencia o no de su ejecución debe estar determinada por estudios hidrogeológicos, definida por sus condiciones y parámetros. Por ejemplo, las condiciones geológicas (espesor del álveo) e hidráulica (nivel piezométrico, permeabilidad, etc.).

Superficie estimada de aplicación: Se emplean en inmediaciones de cursos fluviales o llanuras de inundación, con el objeto de obtener agua dulce.

Normas técnicas: La definición del lugar se realiza analizando los antecedentes cartograficos e hidrogeológicos existentes. De no existir los hidrogeológicos, se recomienda trabajar en la construcción de piezometros para mediciones de nivel del agua subsuperfical y subterránea, espesor saturado del subálveo, toma de muestras de sedimentos y de agua para analisis físico-químicos para definir la ubicación de la interfaz agua dulce-salada, métodos geoeléctrico para la definición del cauce, determinación de algunos parámetros hidráulicos del acuifero como porosidad, porosidad eficaz, etc.

In situ es clave realizar ensayos de infiltración, la lectura de profundidad del agua subterránea en el interior del cauce y sus margenes, observar las oscilaciones de niveles, mediciones de caudales, ensayos por bombeo para la determinación de valores de permeabilidad, determinación de la direccion-velocidad de la escorrentia, regimen de recarga y almacenamiento.

El diseño final del dren horizontal con sus dimensiones principales: diámetro, longitud, apertura filtrante, dirección y profundidad de ubicación, se relaciona directamente con las características litológicas e hidráulicas de la geoforma.

Scanned by CamScanner

El pozo de almacenamiento se diseña de acuerdo a los estudios ya mencionados y a las necesidades de agua requeridas (Figura 7). La extracción del agua se decide ejecutar con el método más conveniente; en la mayoría de los casos se recomienda utilizar molinos de viento y asegurar una explotación sustentable y de bajo costo, sobre todo para comunidades rurales.

Equipos necesarios: Con el fin de caracterizar el área se utilizan: cartas topográficas, imágenes satelitales, fotografías aéreas, navegador GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Para el reconocimiento de la geología sedimentaria se emplean: sondas manuales para excavado de pozos, además son necesarios tamices, balanza de precisión, lupa binocular, piezómetro permeámetros de laboratorio y anillos de infiltración.

Para reconocimiento químico *in situ* se utilizan: conductímetro, pH-metro, medidor de oxígeno disuelto. Para mediciones hidrométricas del caudal (volumen/tiempo) del río se emplea molinete.

Otros requerimientos: herramientas menores, amolador, soldadora de plástico, taladro, caños de PVC de polipropileno, hierro tee, curvas, codos, niples, exclusas, grifos, geotextil y áridos clasificados, tanque de agua. Anillos de hormigón de gran diámetro, ladrillos, cemento, arena, molino de viento.

Mantenimiento: Limpieza periódica de sedimentos del pozo y de reservorio del agua, mantenimiento del sistema de extracción y distribución del agua. La frecuencia estará condicionada por una buena construcción de la obra y uso del sistema. Se trata de generar una obra que sistematice el uso de un sistema frágil y vulnerable con el objeto de paliar la necesidad de agua con una explotación sustentable del recurso en ambientes rurales.

Scanned by CamScanner

Figura 7. Sistema subálveo, cauce del Río Namby en la localidad de San Juan. Dpto. Loreto. Santiago del Estero.

3. Nombre de la práctica: Rolado selectivo de baja intensidad (RBI)

a) En sistemas silvopastoriles (Figura 8):

Definición: El rolado es un disturbio mecánico que aplasta los estratos leñosos bajos y medianos y deja en pie un cierto número de árboles y arbustos de distinta edad y tamaño, de acuerdo al entrenamiento del operador (Kunst *et al.*, 2016).

Objetivo: Facilitar el acceso y tránsito de personal y hacienda e incrementar la oferta de forraje herbáceo. Conservar y/o mejorar la calidad del suelo.

Condiciones para su aplicación: Esta práctica se recomienda en tierras comprendidas dentro de la categoría verde y amarillo de acuer-

Scanned by CamScanner

do al ordenamiento territorial (Ley presupuestos mínimos 26.331 y Ley provincial SDE 6.942).

Superficie estimada de aplicación: La superficie total de las áreas amarilla y verde del Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos en Sgo. del Estero 2015, es de 6.736.691 ha (incluye producción de pasturas)

Normas técnicas: El operador debe estar muy bien entrenado para aplicar el disturbio con la menor intensidad posible, *i.e.*, dejando el mayor número de árboles de diferentes edades para asegurar la regeneración del bosque y no "pampeanizar" el ecosistema. Es recomendable el pastoreo controlado, no pastorear al ras para mantener una buena cobertura de pasto que intercepte la radiación y de esta manera se restrinja el crecimiento de las arbustivas.

Equipos necesarios: Rolo: cilindro metálico con un diámetro de 1,4 m y anchura de 2,5 m (las cifras son a modo orientativo) lastrado con 3.000 kg de agua armados con cuchillas. Tractor con ruedas con protección metálica.

Mantenimiento: Es necesario aplicar el disturbio cada cinco años aproximadamente para controlar la re-invasión de las leñosas arbustivas. Aplicación de RBI con mayor frecuencia a la recomendada es contraproducente ya que activa el crecimiento de las leñosas arbustivas.

b) En la conservación del suelo:

El RBI demostró no compactar el suelo porque mantiene intacto el sistema radical de leñosas y los residuos leñosos no se exportan del sistema, sino que se mantienen sobre el suelo (Albanesi *et al.*, 2013; Kunst *et al.*, 2016). Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) de la Región Chaqueña tienen gran potencial para secuestrar carbono (C) en el suelo, pero hay que ser cuidadoso porque gran parte de C está secuestrado en formas lábiles y si se hace un manejo inadecuado para la región (*e.g.* sobrepastoreo), se liberará rápidamente a la atmósfera como CO_2 (Albanesi *et al.*, 2013; Kunst *et al.*, 2016; Silberman *et al.*, 2015; Silberman, 2016).

El RBI tiene un mínimo impacto en la diversidad de comunidades microbianas del suelo. Un año luego del RBI se altera la diversidad de

Scanned by CamScanner

bacterias debido a los cambios en la disponibilidad de recursos (agua e *input* de carbono). Estos cambios son reversibles ya que a los cinco años hay una restauración de la mayoría de los grupos bacterianos (Silberman *et al.*, 2016; Silberman, 2016).

El RBI mantiene la materia orgánica del suelo (MOS), sin embargo hay que tener en cuenta:

- Se debe dejar el mayor número posible de árboles, ya que en las áreas sin ellos la MOS es significativamente menor.
- Supervisar la presión del pastoreo, ya que una alta tasa de carga derivará en disminuciones de la MOS (aunque menores que en el desmonte total).

De acuerdo a la experiencia y con base en información científica obtenida durante más de 20 años, se puede expresar que los SSP son favorables para la región ya que permiten incrementar la producción de carne manteniendo los recursos base, entre ellos el más importante: el suelo.

Figura 8. Sistema silvopastoril ubicado en el Campo Experimental Francisco Cantos del INTA EEA Santiago del Estero, Localidad Arraga, Dpto. Silipica, Santiago del Estero.

Scanned by CamScanner

4. Nombre de la práctica: Sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco implantado y pastoriles bovinos

Definición: Es un sistema que combina plantas forrajeras con árboles, destinados a la alimentación animal y a otros usos complementarios, en una misma superficie. Produce diversos servicios ecosistémicos (madera, carne, hábitat para la fauna, aumento de la fertilidad, disminución de la erosión del suelo, etc.) que se reflejan económicamente en una renta anual desde la ganadería, y capitalizada desde la plantación.

Objetivo: Prevenir y/o mitigar los procesos de degradación por erosión hídrica, salinización y pérdida de fertilidad de suelos al contribuir al aumento de la materia orgánica, estabilidad estructural de suelo y dinámica del agua.

Condiciones para su aplicación: La producción silvopastoril se realiza en sitios con relieve normal, suelos de textura franco-limosa a franco-arcillosa, con buena profundidad efectiva y moderadamente drenados. Es importante la presencia de napa freática cercana a la superficie (hasta 10 m de profundidad) o precipitaciones superiores a 800 mm anuales. Tanto el algarrobo blanco (*Prosopis alba*) como la grama rhodes (*Chloris gayana cv Fine cut o cv Epica*) toleran elevados niveles de salinidad (rangos fuertemente a muy fuertemente salinos) y pH neutros a alcalinos (Vizgarra *et. al.*, 2015 y 2017; Gómez *et al.*, 2017).

Superficie estimada de aplicación: 2000 ha (Figura 9: áreas de experimentación e investigación).

Normas técnicas:

1°. Cincelado y marcación de la plantación: El marco de plantación define la distancia del cincelado. Se debe pasar un cincel antes de la plantación, en forma cruzada de tal manera que en los cruces quede marcado el lugar donde se colocará el plantín.

2°. La siembra de pasturas se puede realizar antes o después de la plantación. En el caso de sembrar la pastura antes de la plantación del algarrobo, se debe aplicar un herbicida, cortar y enrollar la pastura para que los animales no dañen los plantines (ramoneo, pisoteo, etc.).

Scanned by CamScanner

Si se siembra después de plantar, se debe iniciar el pastoreo cuando las plantas superen los 2 m de altura en promedio. En suelos fértiles se puede sembrar gatton panic (*Panicum maximum* cv Gatton Panic). Mientras que, para suelo salinos, se recomienda megatérmicas adaptadas como grama rhodes (*Chloris gayana* cv Fine cut o cv Epica).

Equipos necesarios: Tractor, Cincel, Arado de disco y sembradora.
Mantenimiento:

- Limpieza de tazas para eliminar malezas que compiten con los plantines durante los primeros años de implantación.
- Control de plagas especialmente liebres durante la época invernal y de hormigas antes de la siembra de pasturas.
- Silvicultura: Poda de formación en el primer año de plantación. Luego se deben realizar al menos dos podas más, buscando lograr un fuste de 2 m sin ramas. Raleo antes del noveno año de plantación (depende del marco de plantación).
- Balance forrajero y manejo ganadero: en base a la oferta forrajera se determinará la carga animal y tiempo de rotación. Se recomienda la recría de ganado bovino con suplementación estratégica.

Figura 9. Ensayo demostrador en los establecimientos "El crepúsculo" NCG Agris, Localidad Herrera (izq.), y "El Silencio" Sr. Foglia, Localidad Colonia Dora (der.). Dpto. Avellaneda. Santiago del Estero.

Scanned by CamScanner

5. Nombre de la práctica: Rotación de cultivos

Definición: La rotación de cultivos consiste en la sucesión de diferentes cultivos en el mismo suelo a través del tiempo, maximizando la productividad por unidad de superficie y optimizando el uso de los recursos. Entre los beneficios se destacan: favorece la captación del agua pluvial en el perfil del suelo y el aprovechamiento de los cultivos, aumento fertilidad física, química y biológica del suelo, control de plagas, enfermedades y malezas.

a) Monitoreo de la fertilidad edáfica en el Sudeste de Santiago del Estero

Objetivo:

- Evitar y/o minimizar la erosión hídrica al disminuir la velocidad de escurrimiento, por lo tanto, el agua permanece más tiempo en contacto con el suelo favoreciendo la infiltración y su almacenamiento en el perfil.
- Evitar y/o minimizar la erosión eólica al incrementar la rugosidad de la superficie con el aporte de rastrojo tanto en calidad como en cantidad.
- Incrementar la fertilidad química, física y biológica del suelo.
- Incrementar los rendimientos de los cultivos.

Condiciones para su aplicación: En climas semiárido a subhúmedo con precipitaciones que oscilan entre 600 y 750 mm anuales y temperatura media anual de 19,6 °C, y evapotranspiración potencial promedio de aproximadamente 1000 mm anual, por lo tanto con déficit hídrico durante todo el año. En paisajes con relieve normal y suelos Haplustol éntico y típico y Argiustol típico, bien provisto de materia orgánica y bien drenado con capacidad de uso III limitado por el clima (Angueira *et al.*, 2007).

Superficie estimada de aplicación: 1.250.000 ha.

Scanned by CamScanner

Normas técnicas: La elección de los cultivos que participan en la rotación es fundamental, ya que aportan rastrojo que mantiene la superficie cubierta del suelo evitando la evaporación del agua, favorecen la estabilidad de los agregados, y contribuyen al mantenimiento y/o aumento de la fertilidad química. Los cultivos evaluados fueron: sorgo, algodón, soja y trigo en el período 2001-2013 (Figura 10).

En siembra directa, para la preparación del suelo, es necesario hacer un correcto barbecho químico para el control de malezas con los productos disponibles en el mercado y a las dosis que correspondan, según condiciones edafoclimáticas, antecedentes del lote y malezas presentes. Con la finalidad de mantener el lote libre de competencia de malezas, posterior al barbecho, se debe realizar el control químico en pre-siembra y/o pre-emergencia conforme a la necesidad y al historial del lote. El uso de post emergentes depende de la cantidad y tipos de malezas.

La fecha óptima de siembra de un cultivo particular para la zona dependerá de la humedad del perfil, de las precipitaciones que se registren. El rango de densidad óptima está en función del tipo de cultivo.

Para el control de las plagas, se realizarán monitoreos periódicos en el cultivo. Las aplicaciones de los insecticidas se efectuarán de acuerdo al umbral de daño y la dosis recomendada en el marbete.

Equipos necesarios: Tractor; sembradora mecánica de placa con 5 surcos a 0,52 m; mochila manual de espalda; cosecha manual; y trilladora estática.

Mantenimiento: Si se siembran dos cultivos en una misma campaña, las malezas se podrán controlar con facilidad. En el caso de sembrarse un cultivo por campaña, se tendrá que hacer el barbecho químico cuya longitud será mayor a 2 meses, por lo tanto, se tendrá que monitorear el lote para evitar que prosperen las malezas.

Scanned by CamScanner

Figura 10. Fotos del ensayo experimental de larga duración de cultivos en la localidad de Bandera, Dpto. Belgrano. Santiago del Estero.

b) Rotación Algodón-Maíz-Alfalfa: Mejoramiento del manejo del agua y nutrientes en sistemas agrícolas sin riego

Objetivo: Mejorar los rendimientos de los cultivos, investigar tecnologías de manejo apropiadas para la captación, almacenamiento y disponibilidad del agua para los cultivos; investigar la eficiencia de las prácticas de fertilización nitrogenada, registrar datos para mejorar/desarrollar modelos de simulación del sistema suelo-cultivo-atmósfera.

Condiciones para su aplicación: El trabajo se desarrolló en el campo experimental Francisco Cantos del INTA EEA Santiago del Estero, durante

Scanned by CamScanner

el período 1998-2001. En suelo clasificado como Haplustol torriorténtico, bien drenado, moderadamente fértil y moderadamente alcalino en profundidad (Angueira *et al.*, 2007). El lote no presenta limitaciones por salinidad (CE < 1,2 dS/m) y alcalinidad (pH = 7,2), con 3,2% de materia orgánica en los primeros 30 cm del suelo; el relieve es plano con pendiente natural inferior al 1%; la humedad del suelo en estado de capacidad de campo y punto de marchitez permanente es de 26% y 9% en volumen, respectivamente.

Superficie estimada de aplicación: 1.120.000 ha.

Normas técnicas: La rotación algodón-maíz-alfalfa en diferentes secuencias, es la práctica agrícola más común entre los productores a escala familiar de la Provincia de Santiago del Estero (Figura 11 a y b). Se requiere de un suelo preparado previamente para la captación y distribución del agua de lluvia (sistematización con técnicas simples de nivelación). Para evaluar la eficiencia de uso del N aplicado, se utilizaron parcelas de algodón y maíz (16 m x 12 m) divididas en 2 subparcelas de labranza: Siembra Directa (SD) y Labranza Convencional (SC). Dentro de cada subparcela se instala la sub-sub-parcela de fertilización nitrogenada que incluye a la microparcela Urea marcada N^{15} (4 m^2 en algodón y 2,4 m^2 en maíz) en dosis de 109 kg/ha, aplicados 45 días después de la siembra (DDS). Para la siembra se utilizó semilla de algodón Guazuncho II INTA, maíz Seminor H40 y Alfalfa salinera INTA.

Equipos necesarios: Sembradora SD para producción en escala familiar BISIG (Figura 11 c); tractor y rastra de disco, pulverizadora mecánica o manual.

Mantenimiento: Para control de malezas en SD se utilizó 2 L/ha de glifosato. La labranza convencional involucró dos rastras de discos antes de la siembra; durante el desarrollo de los cultivos el control se hizo en forma mecánica, y a cosecha se incorporó el rastrojo con rastra de discos. Durante el crecimiento de los cultivos se efectuaron raleos de plantas, obteniéndose 4 plantas/m en maíz y 12 plantas/m en algodón. Se aplicó regulador de crecimiento en 3 oportunidades utilizando ¼; ½ y dosis completa cada 15 días a partir de los 45 DDS. El regulador de cre-

Scanned by CamScanner

cimiento puede ser reemplazado por una práctica manual de corte del ápice de la planta cuando ésta alcanza una altura de 90 cm y la distancia entre nudos es de 4 cm. La cosecha se hizo en forma manual.

Resultados del ensayo: En estas condiciones de suelo y manejo, en el período de estudio 1998/99 a 2001/2002, los rendimientos de algodón (fibra+semilla) fueron crecientes (considerando labranzas y prácticas de fertilización), alcanzando un máximo de 3.187 kg/ha. Por el contrario, en el cultivo de maíz, los rendimientos no mostraron tendencia alguna y el máximo rendimiento registrado fue de 9.081 kg/ha (hubo importantes pérdidas por ataque de pájaros en algunas campañas). En cuanto a pérdida de N derivado del fertilizante por lavado, en cultivo de algodón se observó acumulación en profundidades superiores de 2 m, indicando importantes pérdidas en épocas de lluvias intensas, particularmente bajo labranza convencional. En cuanto al Uso Eficiente del Nitrógeno derivado del fertilizante, el cultivo de algodón no superó el 40% mientras que el cultivo de maíz alcanzó el 70%, considerando todas las campañas y tratamientos (labranzas y fertilización). En cuanto a la captación y almacenamiento de agua en el suelo, la humedad registrada hasta los 2 m de profundidad no mostró efecto de las rotaciones ni labranzas, quizás por el corto lapso de tiempo en que se implementó el ensayo (4 años).

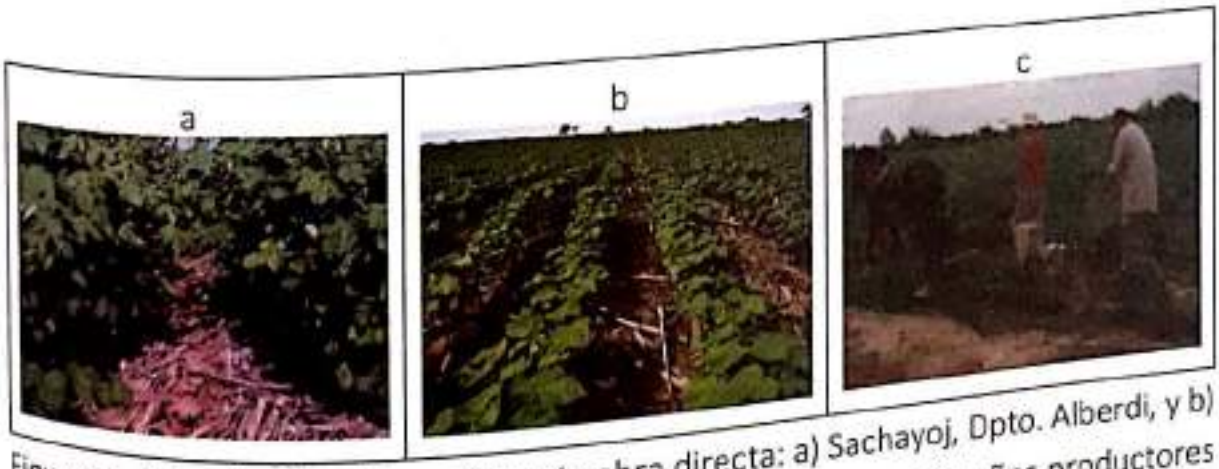


Figura 11. Rotación algodón-maíz en siembra directa: a) Sachayoj, Dpto. Alberdi, y b) Los Juríes, Dpto. Gral. Taboada; c) Sembradora Bisig SD para pequeños productores con cajón para fertilizante, Localidad Vaca Huañuna, Dpto Figueroa.

Scanned by CamScanner

6. Nombre de la práctica: Fertilización nitrogenada en maíz en lotes con diferentes años de habilitación

Definición: La fertilización es una práctica agronómica que consiste en la aplicación de un fertilizante inorgánico o abono orgánico, que permite mantener o incrementar el contenido de nutrientes en el suelo en formas asimilables por las plantas. Estos elementos nutricionales mejoran la calidad del sustrato a nivel nutricional y/o estimulan el crecimiento vegetativo de las plantas (Figura 12).

Objetivo:

- Prevenir y/o mitigar la pérdida de fertilidad química del suelo al reponer los nutrientes extraídos por los cultivos.
- Maximizar la eficiencia de uso de los fertilizantes (obtener el máximo rendimiento con la menor dosis de fertilizante) y minimizar el impacto ambiental.

Condiciones para su aplicación: En clima subhúmedo con precipitaciones superiores a 700 mm, con registros de temperatura media anual de 19,6°C, temperatura media mensual del mes más caliente (enero) de 28°C y del mes más frío (julio) de 16,3°C. Los vientos predominantes son del cuadrante Sur y Norte, siendo calientes y desecantes los que soplan del cuadrante Norte a fines de invierno y principio de la primavera. El paisaje se caracteriza por relieve normal, con suelos Haplustol éntico, Haplustol típico y Argiustol típico, débil a moderadamente estructurados, con contenidos de materia orgánica escasos a moderados. Se obtuvo respuesta a la fertilización con urea en lotes con varios años de historia agrícola, en los cuales se observó disminución de materia orgánica, estructura laminar y compactados; como respuesta a esta situación las raíces de los cultivos presentan crecimiento horizontal.

Superficie estimada de aplicación: Solo en ensayos de investigación en experimentación adaptativa.

Normas técnicas: Para realizar un ensayo expeditivo y conocer la respuesta de la fertilización con urea en maíz, primero se realizó un

Scanned by CamScanner

diagnóstico de fertilidad química del suelo en 3 lotes con diferentes años de habilitación (dos lotes con 8 años y uno con más de 30 años). Este consistió en tomar muestras compuestas de 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad que se enviaron al laboratorio. Los análisis que se solicitaron fueron: materia orgánica (%), nitrógeno total (%), nitratos (N-NO3 ppm), fosforo disponible (ppm), conductividad eléctrica (dS/m) y pH. También se muestreo para determinar la densidad aparente (Dap, g/cm^3) en cada una de las profundidades mencionadas, empleando el método del cilindro. Se calculó el nitrógeno disponible (N-NO3/ha) con la fórmula: ($N\text{-}NO_3$ x 0,2258 x Área x Profundidad x Dap) /1.000.000. Los resultados indicaban que había buena disponibilidad de nitrógeno. Se delimitaron 3 parcelas de 55 m^2 en cada lote, en los cuales se aplicaron los siguientes tratamientos: testigo (sin fertilización), 25 kg y 50 kg de N de urea/ha. El cultivo de maíz fue fertilizado en V6 con urea al voleo, a las 7 h de la mañana ya que es lo que se recomienda para esta zona. Los resultados mostraron un aumento del rendimiento al fertilizar el lote con más de 30 años de historia agrícola.

Otras formas de diagnóstico incluyen análisis en tejido vegetal de nutrientes específicos, uso de sensores remotos y modelos de simulación.

Equipos necesarios: La fertilización en el ensayo se realizó en forma manual ya que las parcelas eran pequeñas (55 m^2). Para superficies de aproximadamente 1.000 ha, en la localidad de Vilelas, se aplica urea incorporándola en el entre surco al momento de la siembra de maíz. También se fertilizó trigo con urea utilizando una fertilizadora al voleo en la localidad de Roversi (Martín Ledesma, comunicación personal).

Mantenimiento:

La frecuencia de fertilización estará en función de:

- Balance de nutrientes: los objetivos pueden ser de enriquecimiento y/o mantenimiento. Se realizará mediante el análisis de suelo para conocer la disponibilidad de los nutrientes y la cantidad extraída por el cultivo para alcanzar el rendimiento objetivo, para esto existen tablas de referencia.

Scanned by CamScanner

– La respuesta del cultivo (suficiencia, "fertilizar el cultivo"): respuesta, eficiencia, dosis optima económica (DOE).

Figura 12. Cultivo de maíz en la localidad de Roversi, Dpto. Moreno.

7. Nombre de la práctica: Fertilización en gramíneas megatérmicas, efectos en la producción de la materia seca

Definición: Práctica cultural tendiente a mejorar y conservar la producción sustentable de las pasturas, influenciada por la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo.

Objetivo: Generar información en la región subtropical semiárida sobre la respuesta al agregado de nutrientes que podrían estar limitando la

Scanned by CamScanner

producción de materia seca. En general, en el manejo tradicional de estas gramíneas perennes no existe reposición de nutrientes vía fertilización, considerando que la principal limitante es el agua.

Condiciones para su aplicación: La experiencia se desarrolló en la región Sudoeste de Santiago del Estero, Dpto. Guasayán. El suelo es un Haplustol éntico; textura franco limosa; capacidad de uso IVc (tierra con aptitud agrícola y limitante climática). Características del sitio: pH neutro, MOT= 2%, Nt = 0,11% y P= 20 ppm en la profundidad de 0-20 cm. La experiencia se realizó sobre parcelas pre-existentes (5.000 m^2) de *Panicum maximun* cv. *Gatton panic* y *Cenchrus ciliaris* cv. *Biloela*, implantadas en el año 2001. Los tratamientos se evaluaron en dos ciclos de crecimiento: 1°: 2006-2007 y 2°: 2007-2008 (Figura 13).

Superficie estimada de aplicación: Santiago del Estero tiene una superficie total de pasturas implantadas anuales y perennes de 60.718 ha y 234.166 ha, respectivamente (CNA, 2003).

Normas técnicas:

1° Ciclo: los tratamientos consistieron en dosis crecientes de N: 23, 46 y 69 + única dosis en todos los tratamientos de S: 15, en kg ha^{-1}; aplicados con mochila (fuente líquida UAN+ Tiosulfato). Los tratamientos se aplicaron con el inicio de rebrote el 15 de noviembre de 2006.

En el 2° Ciclo: se incrementó la dosis de N: 46, 69, y 92 + ídem dosis de S: 15, kg ha^{-1} (fuente líquida) y además se incorporaron los tratamientos con la misma dosis de N, aplicado al voleo (fuente sólida: Urea). Los tratamientos se aplicaron con el inicio de rebrote el 20 de diciembre de 2007.

Las unidades experimentales (incluidos los testigos sin fertilizar) fueron franjas de 120 m^2. En ambos ciclos se evaluó la acumulación de materia seca parcial (MSp) aproximadamente a los 2 meses después de la fertilización y la materia seca total (MSt) al final del ciclo.

Los resultados obtenidos fueron variables según el ciclo. En el 1°, las precipitaciones alcanzaron 640 mm, de los cuales 300 mm ocurrieron en Enero; no hubo diferencia en la MSp y MSt de los testigos entre ambas especies. Sin embargo, la respuesta al agregado de N+S

Scanned by CamScanner

en forma líquida fue superior en Gatton panic comparado a Biloela. Esto indicaría que, si bien es una especie de mayores requerimientos, también tiene mayor potencial productivo (fue más eficiente en el uso de agua + nutrientes). En el 2° ciclo, las precipitaciones fueron superiores alcanzando los 770 mm, pero la distribución fue diferente al año anterior; las pasturas rebrotaron más tarde afectadas por la severidad y ocurrencia de heladas del invierno anterior. La respuesta al agregado de fertilizante fue significativa en Biloela hasta una dosis de 69 kg N ha^{-1} en MSp y MSt, independientemente de la fuente. En Gatton, se observó la misma tendencia, sin embargo, debido a la alta variabilidad de la MS, las diferencias no fueron significativas con respecto al testigo. Los resultados obtenidos permiten concluir que esta práctica es viable para incrementar la producción de MS y es estratégica para anticipar la utilización de las pasturas (dependiendo a su vez de la humedad disponible). En un año húmedo, la fertilización deberá considerar una estrategia de utilización diferente para aprovechar el incremento de la producción, principalmente en Gatton panic (Cornacchione *et al.*, 2008 y 2009).

Equipos necesarios: Tractor 75 HP tracción simple; equipo pulverizador de tiro con ancho de botalón de 10 m; sembradora y fertilizadora al voleo para enganche de tres puntos.

Mantenimiento: Como la implantación de estas pasturas se realizó de manera agrícola, y se las mantuvo con corte y henificado (rollos), no generó hasta la fecha de la experiencia la necesidad de controlar arbustivas. En general, estas pasturas se mantienen bajo pastoreo y al cabo del 5 a 6 años se debe realizar el control de arbustivas. Entonces, esta práctica puede realizarse en lotes donde pueda transitar un tractor con la fertilizadora (urea) y /o pulverizadora (fertilizante líquido).

Scanned by CamScanner

Figura 13. Fotos del ambiente y de las parcelas experimentales del ensayo de fertilización de pasturas megatérmicas en el Sudoeste de Santiago del Estero, Dpto. Guasayán. Gentileza: Ing. Mónica V. Cornacchione.

Bibliografía consultada

Acuña L, G. Angella, M. Amarilla, M. Avalos, G. Barraza, L. Mas, J. Lopez, S. Roldan, M. Sánchez, J. Tasso, H. Van Meer y L. A, Vizgarra. 2015. Provincia de Santiago del Estero. Pp. 287-290. TOMO 2. Parte 7. Erosión y degradación de suelos. En El deterioro del Suelo y del Ambiente en la Argentina. Roberto R. Casas y Gabriela E. Albarracín (Eds) ISBN 978-950-9149-39-7.

Scanned by CamScanner

Albanesi A., A. Anriquez y P. Sánchez. 2003. Efectos de la agricultura convencional sobre algunas formas del C en una toposecuencia de la Región Chaqueña, Argentina. Agriscientia, Vol. XX: 9-17.

Albanesi, A., C. Kunst, A. Anriquez, J. Silberman., R. Ledesma, M. Navall, J. Dominguez Nuñez, R. Duffau., R. Suarez, D. Werenitzk., E. Raña, L. Sokolic, D. Coria y O. Coria. 2013. Rolado selectivo de baja intensidad y sistemas silvopastoriles de la Región Chaqueña. En: Albanesi, A; R. Paz; M.T. Sobrero; S. Helman; S. Rodriguez. Hacia la construcción del desarrollo agropecuario y agroindustrial. De la FAyA al NOA. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Ediciones Magna. 360 p.

Angueira C. 2007. Geomorfología de Santiago del Estero. Serie Informes Técnicos EEA Santiago del Estero. N° 39. ISSN 1850-4086.

Angueira C., Prieto D., López J. y Barraza G. 2007. SigSE V2.0. Sistemas de Información Geográfica de Santiago del Estero. INTA EEA Santiago del Estero. Edición INTA. ISBN 987-521-170-2.

Anriquez A., P. Savino, J. Silberman, J. Dominguez Nuñez y A. Albanesi. 2014. Fracciones de C, N y actividad microbiológica del suelo, en rolados del Centro Este de Santiago del Estero. XXIV CACS y II Reunión nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas". Bahía Blanca-Buenos Aires.

Berton, M.C., S. Prieto Angueira, C.R.C. Vega, M.A. Druetta, I.M. Luna, L.A. Vizgarra, L.I. Mas. 2016. Uso y productividad del agua en secuencias de maíz en un ambiente semiárido. XXXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. 13 al 16 de noviembre de 2016. ISBN 978-987-3619-17-5, p. 104.

Cornacchione, M.V., Sánchez, M.C., Salvatierra, J., Tomsic, P., Lizzi, J. y Perez Farhat, W. 2008. Fertilización líquida en gramíneas subtropicales: producción y calidad de la materia seca. Rev. Arg. Prod. Anim. 28 (Supl. 1): 525-526.

Cornacchione.M.V., Sánchez, M.C., Salvatierra, J., Tomsic, P., Lizzi, J. y Perez Farhat, W. 2009. Fertilización en gramíneas megatérmicas: efectos en la producción y calidad de la materia seca. Rev. Arg. Prod. Anim. 29 (Supl. 1): 577-578.

Scanned by CamScanner

Duffau A. y A. Suarez. 2013. Terceras Jornadas sobre Ciencias del Suelo del NOA para Estudiantes y Jóvenes profesionales. AACS. Filial NOA.

Galizzi, F., C. Bonelli, C. González, M. Sánchez y R. Duffau. 2014. Condición física final de un suelo manejado con rotaciones bajo siembra directa. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas". Bahía Blanca, Buenos Aires. Argentina. En soporte CD.

Galizzi F, M, C. Sanchez, C.C. Gonzalez y C.L. Bonelli. 2017. Siembra directa y rotaciones: efectos sobre algunas propiedades de un suelo en Santiago del Estero. Páginas 57– 68. En Aportes de la FAyA para el Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial del NOA. Tomo I: Cadena de valor en sistemas agrícolas y otros trabajos. Primera edición. Albanesi, Domínguez Nuñez, Helman, Nazareno y Rodríguez (Eds.). Editado por FAyA– UNSE. Impreso por Orientación Grafica Editora. ISBN: 978-987-1676-67-5. 347 páginas.

Gómez A.T., M. Sanchez, A. Vizgarra, M. Coronel de Renolfi, S. Bravo, R. Renolfi, M. Zárate, S. Barrio, G. Merletti, M. Amarilla y L. Auhad. 2017. Enfoque interdisciplinario para el abordaje de un sistema complejo: plantaciones de algarrobo blanco para uso silvopastoril. Eje 6 Territorio e Innovaciones Socio-Técnicas. II Congreso Internacional del Gran Chaco Americano. Soporte digital.

Kunst, C., M. Navall, R. Ledesma, J. Silberman, A. Anriquez, D. Coria, S. Bravo, A. Goméz, A. Albanesi, D. Grasso, J. Dominguez Nuñez, A. González, P. Tomsic & J. Godoy. 2016. Silvopastoral systems in the western Chaco region, Argentina. In Peri, P L., Dube, F., Varella, A (Eds.). Silvopastoral Systems in Southern South America Advances in Agroforestry 11. Pp: 63-87. Springer.

Lescano, M., S. Prieto Angueira. 2018. Efecto del centeno de cobertura secado en diferentes momentos como cultivo posterior a maíz ensilado. Actas XXVI Congreso Argentino de Ciencia de Suelo. Asociación Argentina de Ciencia de Suelo – AACS. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Pp 1132. San Miguel de Tucumán, Argentina. 15 al 18 de mayo de 2018. ISBN 978-987-46870-0-5.

Scanned by CamScanner

López J., C. Angueira, G. Barraza, D. Prieto. 2006. Relevamiento expeditivo de vegetación natural y detallado de uso agrícola ganadero de Santiago del Estero. En SigSE 2.0. (Angueira *et al.*, 2007) –INTA EEA Santiago del Estero.

Minetti J.L., S.A. Albarracín, M.E. Bobba, C.M. Hernandez, E.R. Lopez, L.A. Acuña, M.C. Costa, I.J. Nieva y E.A. Mendoza. 2012. Atlas Climática del Noroeste Argentino (ACNOA). *En*: El Clima del Noroeste Argentino. Laboratorio Climatológico Sudamericano. Juan L. Minetti (Editor). Pp 304-408. ISBN 978-987-28266-2-8. Editorial Magna.

Minetti J., L. Acuña y J. Nieva. 2012. El régimen pluviométrico del Noroeste argentino. *En* El Clima del Noroeste Argentino. Laboratorio Climatológico Sudamericano. Juan L. Minetti (Editor). Pp 152-167. ISBN 978-987-28266-2-8. Editorial Magna.

Ochoa Luis H. 2002. El Desarrollo del Secano. Investigaciones y Tecnologías aplicadas al Semiárido Salino. Ediciones Univ. Católica de Santiago del Estero. Santiago del Estero. Argentina. ISBN 950-31-0055-0.

Prieto, D., A. Bianchi, L. Acuña, I. Nieva, R. Pedraza, G. Angella, H. Elena, H. van Meer y F. Tolaba. 2006. Sistema de Procesamiento de Datos Agrometeorológicos del NOA (ProDaAgro versión 1.0). INTA EEA Santiago del Estero.

Prieto Angueira, S., M.C. Berton, J. Ventura. 2018 a. Cultivos de cobertura en Santiago del Estero: I. Biomasa, evapotranspiración y eficiencia de uso del agua. Actas XXVI Congreso Argentino de Ciencia de Suelo. Asociación Argentina de Ciencia de Suelo – AACS. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Pp 1269-1274. San Miguel de Tucumán, Argentina. 15 al 18 de mayo de 2018. ISBN 978-987-46870-0-5.

Prieto Angueira, S., M.C. Berton, J. Ventura. 2018 b. Cultivos de cobertura en Santiago del Estero: II. Dinámica en el contenido de agua del suelo y costo hídrico. Actas XXVI Congreso Argentino de Ciencia de Suelo. Asociación Argentina de Ciencia de Suelo – AACS. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Pp 1275-1280. San Miguel de Tucumán, Argentina. 15 al 18 de mayo de 2018. ISBN 978-987-46870-0-5.

Scanned by CamScanner

Ramsperger B. 1992. Alteraciones de la Condición del Suelo debida a un Cambio en el Uso Agrícola. Caso particular: Regosoles en el Chaco Seco, Argentina. Tesis de Grado.P. 80. Universidad de Hohenheim. Alemania. 95 p.

Sánchez M. C, O. Heredia, N. Bartoloni, C. González y N. Arrigo. 2006. Secuencias de cultivos y rotaciones: efectos en las fracciones de carbono del suelo. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. En soporte CD.

Silberman J. 2016. Diversidad microbiana y materia orgánica del suelo en sistemas silvopastoriles de la Región Chaqueña. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina. 192 p.

Silberman, J.E.; Albanesi, A. y Grasso, D. 2016. Manejo de bosques con ganadería integrada: impacto en las comunidades microbianas del suelo. Cienc. suelo. vol. 34, n. 2, pp. 211-219. ISSN 1850-2067.

Silberman, J. E, A.L. Anriquez, J.A. Dominguez Nuñez, C.G. Kunst & A.S. Albanesi. 2015. La cobertura arbórea en un sistema silvopastoril del chaco y su contribución diferencial al suelo. Cienc Suelo (Argentina) 33 (1): 19-29.

Torres Bruchmann, E. 1981. Climatología general y agrícola de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Dpto. Ecología.

Vargas Gil J.R. 1990. Provincia de Santiago del Estero. En SAGyP proyecto PNUD ARG. 85/109. INTA CIRN. Atlas de Suelos de la República Argentina. Tomo II. Buenos Aires. Argentina. Pp. 499-558.

Vizgarra L.A., M.C. Sanchez, A.T. Gomez, J.M. Bonet. 2017. Los sistemas silvopastoriles en ambientes salinos. V Reunión de la Red Argentina de Salinidad (RAS). Villa Mercedes. San Luis. ISBN 978-987-42-5601-0.

Vizgarra, L., P. Venier, E. Kowaljow, V. Vaieretti, A. Ferreras, A. Gómez y M. Sánchez. 2015. Efectos de un sistema silvopastoril implantado sobre propiedades químicas del suelo, en un ambiente semiárido al sudeste de Santiago del Estero. II Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos. Santa Rosa. La Pampa. Argentina.

Scanned by CamScanner