

Carta de suelos de la República Argentina subcuenca "La Esperanza" departamento Moreno provincia de Santiago del Estero

Lidia Vizgarra - Lucas Moretti - Guillermo Schulz - Darío Rodríguez



**Carta de suelos
de la
República Argentina**

subcuenca “La Esperanza”

departamento Moreno

provincia de Santiago del Estero

Escala 1:50.000

Editores: Lidia Vizgarra - Lucas Moretti - Guillermo Schulz - Darío Rodríguez



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

QUIMILÍ, SANTIAGO DEL ESTERO

2018

Carta de suelos de República Argentina
subcuenca "La Esperanza", departamento Moreno, provincia de Santiago del Estero

Editores: Lidia Vizgarra - Lucas Moretti - Guillermo Schulz - Darío Rodríguez

1a. edición

Ediciones INTA
EEA Quimilí, Centro Regional Tucumán-Santiago del Estero
Quimilí, Santiago del Estero
2018

ISBN 978-987-521-924-3

Carta de suelos de la República Argentina: subcuenca La Esperanza, departamento Moreno: provincia de Santiago del Estero / Lidia Vizgarra ... [et al.] ; editado por Lidia Vizgarra ... [et al.]. - 1a ed. - Quimilí, Santiago del Estero: Ediciones INTA, 2018.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-521-924-3

1. Cartografía. 2. Suelos. 3. Subcuenca "La Esperanza". 4. Santiago del Estero I.
Vizgarra, Lidia II. Vizgarra, Lidia, ed.
CDD 551

© 2018, Ediciones INTA

Libro de edición argentina

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio. Ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.

Edición General y Redacción de la Memoria

Lidia Vizgarra, Lucas Moretti, Guillermo Schulz y Darío Rodríguez

Autores

Reconocimiento de Suelos:	Andrea Avalos (1) Laura Mas (2) Lucas Moretti (3) Darío Rodríguez (4) Guillermo Schulz (4) Lidia Vizgarra (2)
Geología y Geomorfología:	Lucas Moretti (3) Lidia Vizgarra (2)
Cartografía y Digitalización:	Laura Mas (2) Sergio Rossi (5) Guillermo Schulz (4) Leonardo Tenti Vuegen (4) Lidia Vizgarra (2)
Caracterización Climática:	Guillermo Schulz (4) Lidia Vizgarra (2)
Vegetación:	Lidia Vizgarra (2)
Evaluación de Tierras:	Julieta Irigoin (4) Guillermo Schulz (4) Lidia Vizgarra (2)
Revisión de Técnicas Analíticas	Edit Otero Estrada (4)
Determinación de Parámetros Físicos	Francisco Becerra (4) Emiliano Bressan (4) Patricia Carfagno (4) Maximiliano Eiza (4) Joana Laghi (4)

(1) Agencia de Extensión Rural INTA Sachayoj, Santiago del Estero

(2) Estación Experimental Agropecuaria INTA Quimilí, Santiago del Estero

(3) Estación Experimental Agropecuaria INTA Cerro Azul, Misiones

(4) Instituto de Suelos - CIRN - INTA Castelar, Buenos Aires

(5) Ex Integrante del Instituto de Suelos - CIRN - INTA Castelar, Buenos Aires

AUTORIDADES DE INTA

Presidente: Juan BALBIN

Vicepresidente: Mariano Miguel BOSCH

Director Nacional: Héctor ESPINA

Ministro de Agroindustria: Luis Miguel ETCHEVEHERE

Director del CR Tucumán - Santiago del Estero: Miguel Eduardo PEROTTI

Directora de la EEA Quimilí-Sgo. del Estero: Graciela Del Valle LEGUIZAMÓN

Director del CIRN INTA Castelar: Pablo MERCURI

Director del Instituto de Suelos INTA Castelar: Miguel TABOADA

Coordinador del Programa Nacional Suelos: Adrián ANDRIULO

Agradecimientos

A la Lic. María del Carmen Sanches del Sector Registro de la EEA INTA Pergamino.

A la Tec. Laura Lima de la Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional - INTA

A la Lic. Valeria Guerra, Comunicadora del Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRN) – INTA

Al Lic. Miguel Boetto de la Dirección General de Minería, Geología y Suelos de la provincia de Santiago del Estero, por el aporte de las fotos aéreas.

A los Ing. Agr. Juan José Zurita y Astor López de la EEA Sáenz Peña, por compartir información de los suelos del departamento Chacabuco de la provincia de Chaco.

A la Ing. Agr. Clara Berton de la EEA INTA Quimilí, por los aportes de datos meteorológicos.

A la Lic. Juana López de la EEA INTA Santiago del Estero, por el aporte de imágenes satelitales.

Al Geól. Juan Cruz Tasso de la EEA INTA Santiago del Estero, por colaborar en el relevamiento de tosca en el área de estudio.

A la Ing. Agr. María Cristina Sánchez de la EEA INTA Santiago del Estero, por la información del estado de los suelos en algunos establecimientos del área mapeada.

Al personal de la Sociedad Rural del Noreste Santiagueño, por el aporte de los datos de Temperatura mínimas y máximas diarias de la localidad de Quimilí, Santiago del Estero (periodo 1995-2016).

Al personal de la Estancia Los Gatos, por el aporte de datos de Precipitación (periodo 1990-2017).

Prólogo

Confeccionar una carta de suelos requiere de una gran pasión por el trabajo para afrontar las largas jornadas de análisis en gabinete y en las calicatas; un nivel de observación, para ver lo que nuestros ojos comúnmente no ven y la inteligencia para unir cada detalle, cada cambio, buscar una explicación y traducirlo para darles a los usuarios un material ameno.

Es por ello que con el objetivo de servir a productores, técnicos, extensionistas y con el fin máximo de ayudar a la toma de decisiones locales y regionales, que nos permitan conservar y manejar bien el recurso sobre el que desarrollamos nuestra actividad agropecuaria, un grupo de investigadores pertenecientes al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con sede en el Instituto de Suelos de Castelar, junto con las investigadoras de la noble Estación Experimental de Quimilí realizaron la carta de suelos de la subcuenca La Esperanza, sector santiagueño.

La elección de este sitio no fue al azar, ya que en él se produjeron grandes cambios en el uso de la tierra que causaron inundaciones, procesos de erosión y como consecuencia conflictos vecinales e incluso interprovinciales. Esta carta brinda criterios concretos para el uso racional del suelo y para mitigar las problemáticas mencionadas en la subcuenca La Esperanza. También proporciona una base metodológica para ser aplicada en otras áreas, como en la planificación del uso de las tierras.

En este contexto esta información necesariamente debe llegar a productores y tomadores de decisiones para que el recurso suelo sea cuidado y para que los sistemas de producción puedan sostenerse en el tiempo, no tan solo desde el punto de vista de la conservación sino también en consonancia con la sostenibilidad social y económica. También ayudará a quienes trabajan en el desarrollo de políticas públicas, que deben tener buena información para tomar las decisiones que impactan en todos nosotros.

Es por ello que me siento orgullosa de escribir el prólogo de esta carta de suelos, que refleja lo que un trabajo de INTA debe entregar: conocimiento, técnica, seriedad y un gran compromiso con el medio.

Quimilí, (Moreno), Santiago del Estero, Abril de 2018
Dra. Graciela Leguizamón
Directora EEA Quimilí

ÍNDICE

Autores

Agradecimientos

Prólogo

1. Introducción	8
1.1. Finalidad y alcances de las cartas de suelos	8
1.2. Área relevada	8
1.3. Reconocimiento de los Suelos	8
1.4. Materiales utilizados y Metodología empleada	9
1.4.1. Recopilación y análisis de antecedentes	9
1.4.2. Elaboración del mapa geomorfológico	10
1.4.3. Relevamiento de suelos a campo	11
1.4.4. Análisis de las muestras en el laboratorio	12
1.4.4.1. Propiedades químicas y físico-químicas	12
1.4.4.2. Textura	13
1.4.4.3. Propiedades físicas	14
2. Naturaleza del Área	15
2.1. Geología	15
2.2. Geomorfología	15
2.2.1. Área Cartografiada (subcuenca La Esperanza - sector santiagueño)	16
2.3. Caracterización climática	17
2.3.1. Viento	18
2.3.2. Temperatura	19
2.3.3. Radiación solar	22
2.3.4. Heliofanía efectiva (horas)	23
2.3.5. Humedad relativa	24
2.3.6. Precipitación	25
2.4. Vegetación	28
3. Los Suelos	32
3.1. Generalidades	32
3.2. Distribución y Clasificación Taxonómica de los Suelos	32
3.3. Descripción de las Series de Suelos	33
Serie Doña Rosa	34
Serie La Guasuncha	38
Serie La Naranjita	42
Serie Los Socios	46
Serie Pago Salvaje	50
Serie Pardos	54
Serie Peralta	59
Serie Santa Rita	63
3.4. Composición de las Unidades Cartográficas de Suelos	67
4. Evaluación de Tierras	68
4.1. Capacidad de Uso de las Tierras	68
4.2. Índices de Productividad (IP)	72
5. Glosario de términos edafológicos	85
6. Bibliografía	94

1. Introducción

1.1. Finalidad y alcances de las cartas de suelos

Para planificar en forma sustentable el uso del suelo es necesario conocer sus características, potencialidades y limitantes. Las cartas de suelos tienen como objetivo divulgar esta información e indicar la distribución geográfica de cada tipo de suelo y su aptitud como base para generar pautas de manejo y conservación. Éstas sintetizan los resultados de los estudios de campo, gabinete y laboratorio efectuados en un área en forma de textos explicativos y mapas a una escala determinada.

Los principales destinatarios de una carta de suelos son los productores agropecuarios, ingenieros agrónomos y extensionistas. Podrán encontrar en ella los elementos necesarios para contribuir al manejo adecuado de las tierras en función de su capacidad de uso. La información suministrada por las cartas de suelos permite también sentar las bases para:

- a. El ordenamiento territorial;
- b. La definición de políticas agropecuarias, crediticias, impositivas y de colonización;
- c. La determinación de áreas afectadas por erosión, salinidad, drenaje deficiente, etc.;
- d. La investigación y experimentación agropecuaria, permitiendo la extrapolación de resultados experimentales dentro y fuera del país.

1.2. Área relevada

La carta básica de suelos (escala 1:50.000) del sector santiagueño de la subcuenca "La Esperanza", cubre una superficie de 11.259,3 hectáreas en el noreste del departamento Moreno, provincia de Santiago del Estero (comprendida entre los 27° 0' 0.58" y 26° 59' 59.43" latitud sur, y los 61° 42' 46.56" y 61° 42' 46.63" longitud oeste) (Figura nº 1). Pertenece al extremo noroeste de la cuenca de los Bajos Submeridionales, un extenso sistema hidrológico en la ecorregión "Bosques y Arbustales" del Chaco Semiárido (Daniele y Natenzon, 1994), con alternancias de períodos de sequías e inundaciones y una gran irregularidad en las precipitaciones mensuales (Giraut et al., 2001). La cuenca en general, consiste en una llanura poligénica sujeta a modelado fluvio-eólico y presenta un relieve de muy escasa pendiente, siendo la dirección predominante del flujo de NO a SE (Giraut et al., 2001).

1.3. Reconocimiento de los Suelos

Las campañas de relevamiento a campo para la confección de la carta de suelos que aquí se presenta se realizaron durante los años 2015 y 2016. Participaron de las mismas Lidia Vizgarra, Laura Mas, Mario Lacorte y Josefina Uribe Echevarria de la EEA INTA Quimilí; Andrea Avalos, Nelva Saravich, Sebastián Krapovika, Walter Humaño y Ramiro Carabajal de la AER INTA Sachayoj; Lucas Moretti de la EEA INTA Cerro Azul, Misiones y Darío Rodríguez y Guillermo Schulz del Instituto de Suelos del CIRN INTA Castelar.

Para la elaboración del material preliminar con el que se programaron los viajes al campo, fueron consultados mapas previos del sector publicados a diferentes escalas (Vargas Gil, 1990; Boetto, 1994; Ledesma et al., 1992). Con el mapa preliminar entonces, se realizaron las campañas al área, donde se recorrió la totalidad de las unidades cartográficas realizando sondeos y verificando los límites entre ellas.

Este relevamiento de suelos fue ejecutado y financiado por los proyectos INTA: TUSGO 1231408 "Aporte a la Gestión del Desarrollo Territorial del Noreste de Santiago del Estero"; PNSUELO 1134032 "Bases conceptuales y nuevas herramientas para la Cartografía de Suelos"; PNSUELO 1134033 "Herramientas metodológicas para la gestión de la información de suelos y la Evaluación de Tierras"; PNAGUA 1133023 "Tecnologías para la gestión del agua en cuencas

rurales"; PNAGUA 1133033 "Gestión del agua en producciones vegetales de secano" y el Módulo de Degradación de la Estructura, Propiedades Hidrofísicas y Tecnologías de Recuperación del Proyecto PNSUELO 1134022 "Degradación, Conservación y Manejo de Suelos. Erosión Hídrica y Eólica".

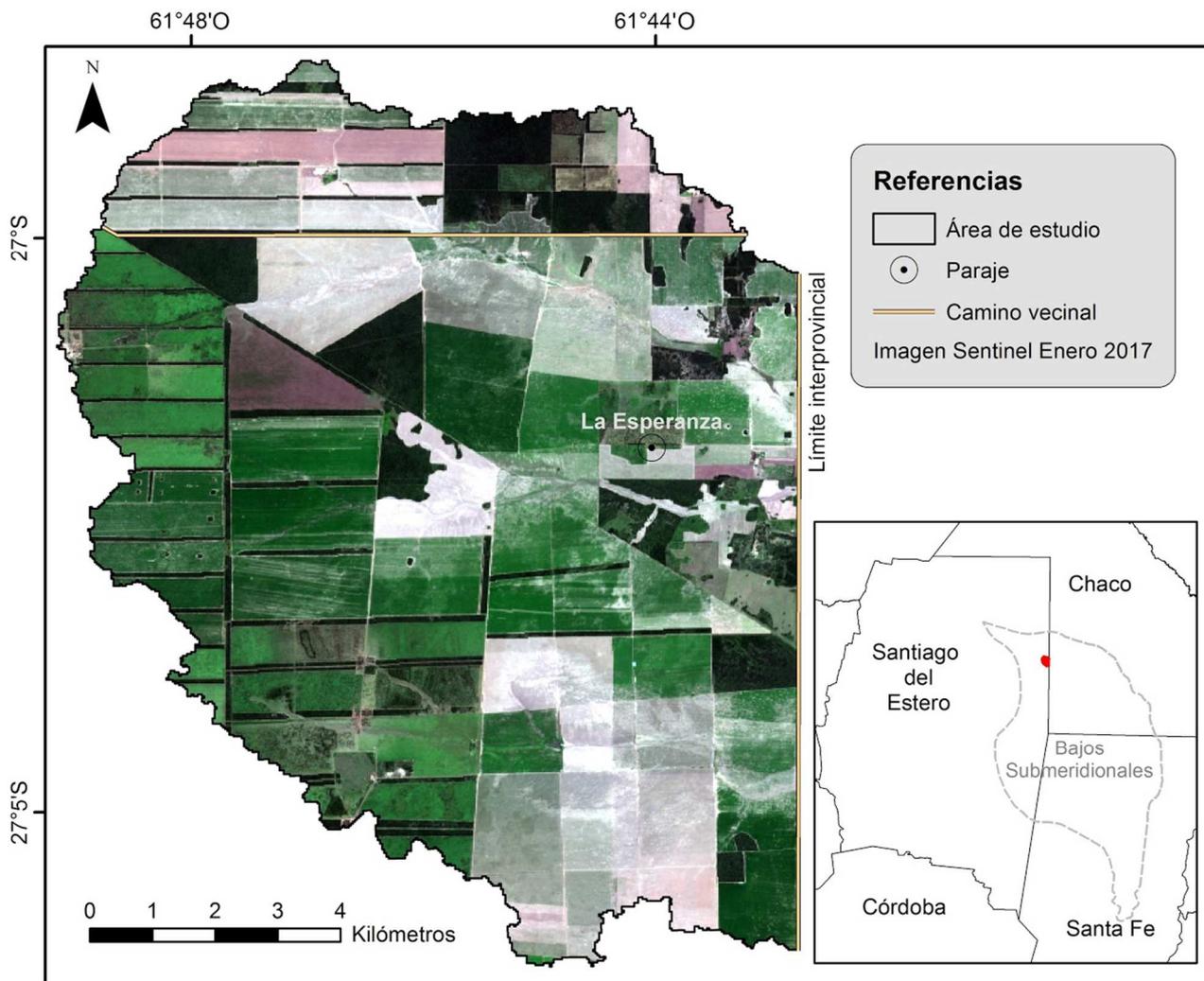


Figura n° 1. Ubicación del sector santiagueño de la subcuenca La Esperanza

1.4. Materiales utilizados y Metodología empleada

La elaboración de la carta de suelos de la subcuenca “La Esperanza” se organizó en las siguientes etapas:

1.4.1. Recopilación y análisis de antecedentes

Los siguientes trabajos fueron consultados para la elaboración del mapa base: Antecedentes geológicos y geomorfológicos (Castellanos, 1968; Iriando 1993; 1997; Ramos, 1999; Martín, 1999; Ramos et al., 2002; Cobbold et al., 2007; Peri y Rossello, 2010); Cartografía de suelos a escala de reconocimiento de la provincia de Santiago del Estero (Vargas Gil, 1990); Informes edafológicos efectuados en el área comprendida entre las localidades de La Paloma, Taboada y Selva años 1978/1980 (Boetto y Duffau, 1982) y el Mapa de suelos del departamento Chacabuco, provincia del Chaco, escala 1:50.000 (Ledesma et al., 1992).

1.4.2. Elaboración del mapa geomorfológico

En primer lugar, se delimitó una subcuenca a la que se denominó “La Esperanza”, cuya superficie se encuentra distribuida en las provincias de Santiago del Estero y Chaco mediante la utilización del modelo de elevación digital (DEM) (SRTM) de 30 m de resolución (Figura nº 2) con el programa ArcMap 10.0. En el sector santiagueño del área, se delimitaron las unidades geomorfológicas, con el apoyo de fotografías aéreas e imágenes satelitales LANDSAT 5 TM (1986 y 2000), LANDSAT 8 OLI (2015), SPOT 7 MS y P (2014-10-21). Tomando como base estas unidades y aplicando el enfoque geopedológico (Zinck, 1988; 2012), se definieron las geoformas para el estudio de la relación paisaje-suelo. La densidad de la red de muestreo se estableció de acuerdo a la escala relevamiento (Rossiter y Vargas Rojas, 2004) y a la accesibilidad a los sitios identificada en las imágenes satelitales.

Los límites de las unidades geomorfológicas se cargaron como tracks y los puntos de observaciones como waypoints al GPS. Para esto fue necesario previamente convertir los límites definidos y los puntos de formato shapefile (shp) a formato Keyhole Markup Language (KML) aplicando el software ArcGIS 9.2. Luego este archivo se cargó al GPS utilizando el software libre OziExplorer. Se utilizó el sistema de coordenadas geográficas Datum WGS 84, con distancias y alturas medidas en metros para las tareas a campo.

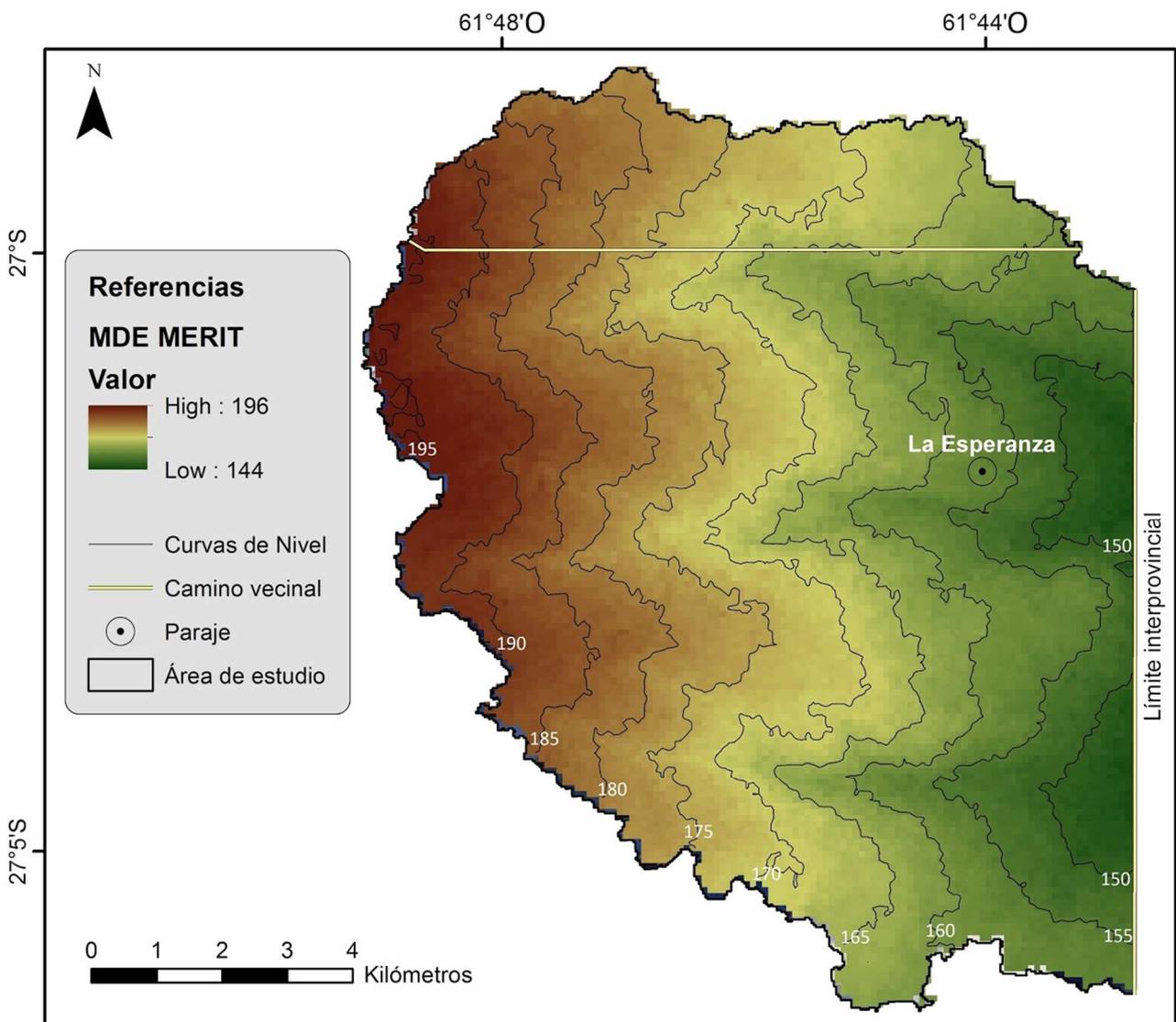


Figura nº 2. DEM y curvas de nivel con equidistancia de 5 m del área mapeada.

1.4.3. Relevamiento de suelos a campo

En esta etapa se realizaron los pozos de exploración y las calicatas en las unidades geomorfológicas previamente delineadas para el estudio de los suelos. En total se realizaron 91 observaciones y 10 calicatas distribuidas en cuatro campañas (Figura nº 3). En cada sitio se caracterizó el paisaje y se describió la morfología del perfil de suelo en base a las normas propuestas por Schoeneberger et al. (2012). De cada unidad geomorfológica definida se seleccionaron perfiles, de los cuales se extrajeron muestras de cada horizonte para análisis físicos y químicos. En la Tabla nº 1 se indican los perfiles muestreados junto con las observaciones asociadas a dichos perfiles.

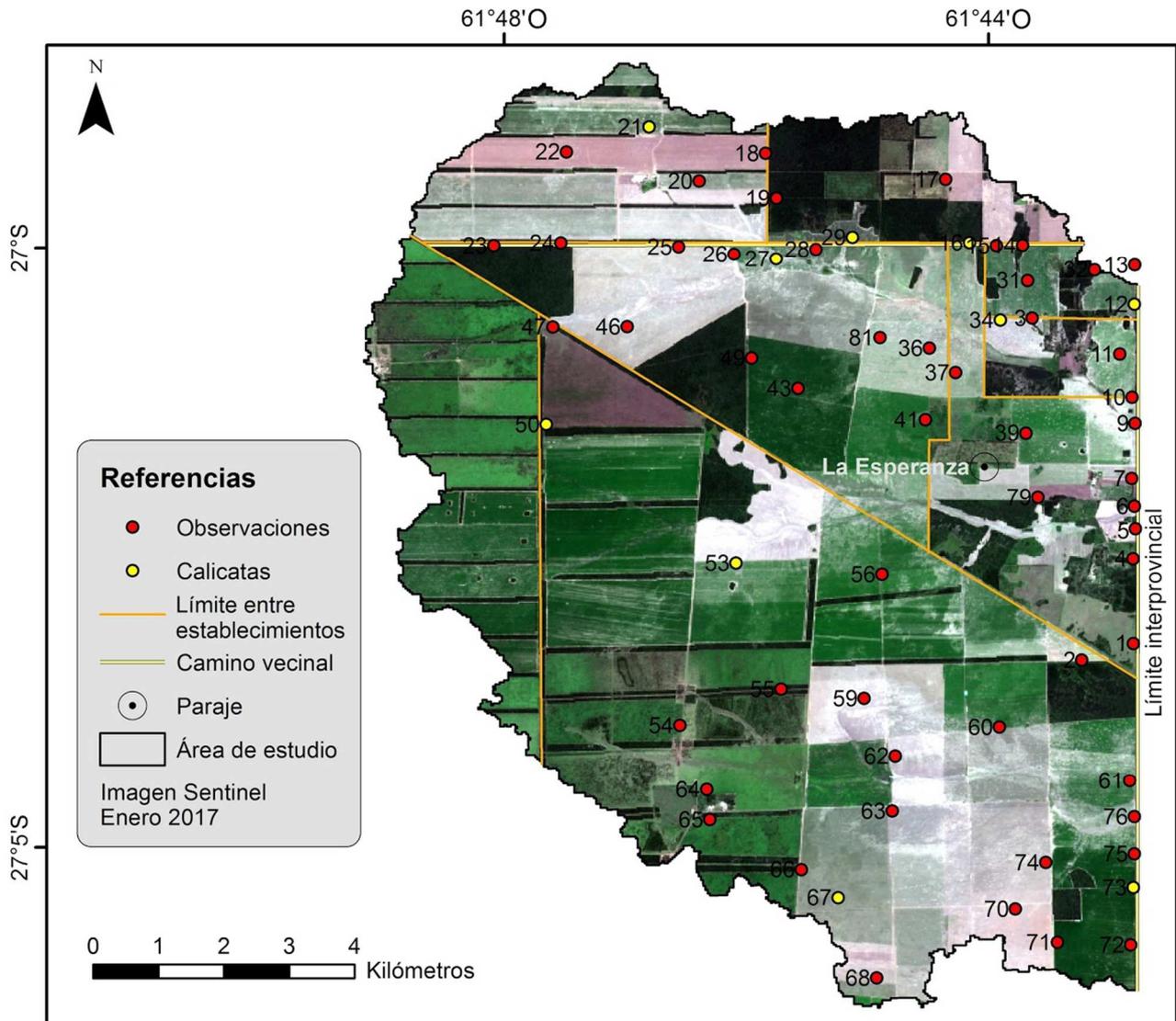


Figura nº 3. Ubicación de las observaciones y calicatas en el área mapeada

Tabla nº 1. Asociación entre las observaciones y los perfiles muestreados

Perfiles muestreados	Observaciones asociadas
12 y 21	1, 14, 15, 24, 55, 79, 81
16	2, 11, 13, 31, 32, 41, 72
27	6, 9, 36
29	28
34	3, 5, 63, 76
50 y 67	18, 19, 20, 22, 23, 39, 43, 49, 54, 56, 64, 65, 66, 70, 71, 74
53	4, 7, 10, 37, 46, 47, 60, 61, 62, 75
73	17, 25, 26, 68

1.4.4. Análisis de las muestras en el laboratorio

En la siguiente etapa, se procedió al análisis de las muestras en laboratorio. Las técnicas empleadas para la determinación de las propiedades químicas y físico-químicas, textura y propiedades físicas de las muestras extraídas se especifican en las Tablas nº 2, 3 y 4, respectivamente.

1.4.4.1. Propiedades químicas y físico-químicas

Los análisis químicos y físico-químicos de las muestras fueron realizados en el Laboratorio del Instituto de Suelos, INTA Castelar.

Tabla nº 2. Metodología aplicada para determinación de propiedades químicas y físico-químicas

Ensayo	Unidad	Técnica	Método	Ref.
pH actual	U pH	Potenciométrica	Suspensión 1:2.5 en agua	1
pH potencial	U pH	Potenciométrica	Suspensión 1:2.5 en KCl 1M	2
pH hidrolítico	U pH	Potenciométrica	Suspensión 1:2.5 en CaCl ₂ 0,01 M	3
Conductividad eléctrica	mS/cm	Conductimétrica	Suelo saturado	4
Carbono oxidable	%p/p	Oxidación sulfocrómica	Walkley-Black modificado a escala micro	5
Materia orgánica	%	Cálculo	Van Bemmelen	6
Nitrógeno orgánico	%p/p	Dig. sulfúrica	Kjeldahl modificado a escala semi-micro	7
Fósforo ext. HCl-NH ₄ F	ppm	Colorimetría	Bray-Kurtz I	8
Ca-Mg intercambiables	cmol _c /kg	Espectrof. de AA	Acetato de NH ₄ pH 7	9
Na-K intercambiables	cmol _c /kg	Espectrof. de emisión	Acetato de NH ₄ pH 7	9
CIC	cmol _c /kg	Saturación NH ₄ ⁺	Acetato de NH ₄ pH 7	10
CIC	cmol _c /kg	Saturación Na ⁺	Acetato de Na pH 8.2	11
Carbonato de calcio	%	Volumetría gases	Calcímetro Scheiblers	12
PSI	(%)	Cálculo		

Referencias:

1. Soil Reaction Committee International Soc. Science. (1930). Soil Res., 2 :241.
2. Richards L.A., ed. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Salinity Laboratory, U.S. Dept. Agr. Hbk.60, 160 pp.
3. Greweling T. & Peech M. (1965). Chemical Soil Tests Bulletin 960. Cornell University Agricultural Experiment Station. New York State College of Agriculture, Ithaca, New York.
4. Richards L.A., ed (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Salinity Laboratory, U.S. Dept. Agr. Handbook N° 60, 160 pp.
5. Walkley A. (1947) A critical examination of a rapid method for determination organic carbon in soil. Effect on variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263.
6. Van Bemmelen J M. (1891). Ueber die Bestimmung des Wassers, des Humus, des Schwefels, der in den colloidalen Slikaten gebundenen Kieselsaure, des Mangans, u. s. w., im Ackerboden. In Landw. Vers. Stat., Bd. 37, 279:290
7. Bremner J M. (1960). Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. J. Agr. Sci. 55:1-23.
8. Bray R H and Kurtz, L T (1945) Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59:39-45.
9. Jarrel-Ash Company. Atomic Absorption Methods Manual. Standard Conditions for Elemental Determinations by Atomic Absorption Spectrophotometry. Massachusetts. USA.
10. Peech M. (1945). Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soil. Rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. Soil Sci 59:25-38.
11. Bower C A, Retmeier R R, Fireman M. (1952). Exchangeable Cation Analysis of Saline and Alkali Soils. Soils Sci. 73:251-261.
12. Collins S H. (1906). Scheibler's apparatus for the determination of carbonic acid in carbonates; an improved construction and use for accurate analysis. J. Soc. Chem. Ind. 25; 518.

1.4.4.2. Textura

Las fracciones texturales se determinaron en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de La Plata. Se realizó pretratamiento de las muestras mediante eliminación de materia orgánica con peróxido de hidrógeno y carbonatos con solución buffer de acetato de sodio a pH 5,5.

Tabla n° 3. Análisis de Textura

Ensayo	Unidad	Técnica	Método	Ref.
Arcilla, limo y arena	%	Sedimentación y tamizado	Pipeta de Robinson - Tamices	13

Referencia:

13. Robinson G.W. (1922) .J.Agr.Sci. 12:306-321.

1.4.4.3. Propiedades físicas

Los análisis de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente fueron realizados por el Grupo Calidad, Salud y Tecnología de Suelos del Instituto de Suelos del INTA Castelar.

La Densidad Aparente fue realizada por el Grupo de Mineralogía-Micromorfología de Suelos y Biomimética del Instituto de Suelos del INTA Castelar.

Tabla nº 4. Propiedades físicas

Ensayo	Unidad	Método	Ref.
Capacidad de Campo	(%)	Olla de Richards 0,33 atm	14
Punto de Marchitez Permanente	(%)	Olla de Richards 15 atm	14
Densidad Aparente	(g/cm ³)	Cilindro	15

Referencias:

14. Richards L.A. (1948). Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. Soil Science 66(2):105-110.

15. Blake G.R. & K.H. Hartge. (1986). Bulk density. In: A Klute (ed.) Methods of soil analysis, Part 1. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Agronomy 9: 363-375.

2. Naturaleza del Área

2.1. Geología

Santiago del Estero forma parte de la provincia geológica “Chacobonaerense” (Groeber, 1938), que se corresponde con la extensión sur de la cuenca de Paraná, emplazada mayormente en territorio brasileño. Tiene una historia compleja formada por distintos procesos de subsidencia, donde la principal diferencia con esta última, es su importante subsidencia extensional cenozoica actuando como cuenca de antepaís distal del levantamiento andino (Ramos, 1999). El basamento cristalino, conformado por rocas metamórficas precámbricas, se encuentra a profundidades variables alcanzando los 5000 m.

En relación con la particular evolución tectónica y sedimentaria de esta unidad geológica, la misma presenta una configuración de cuencas con sedimentaciones que van desde el Paleozoico (Silúrico-Devónico), Mesozoico (Cretácico) y Cenozoico (Terciario y Cuaternario). En este contexto, la región chaqueña se emplaza en la denominada cuenca “Chacoparanaense” (Ramos, 1999), en la cual los bloques fracturados y hundidos del basamento fueron sepultados por sedimentos recientes del Terciario y Cuaternario. Como resultado, se desarrolló una planicie de acumulación sedimentaria que desciende gradualmente hacia el este de la provincia. Por su parte, la sedimentación en la cuenca durante el Cenozoico estuvo controlada por sistemas fluviales y aluviales efímeros, que luego fueron modificados por la acción eólica. En síntesis, una delgada capa de loess cuaternario en casi toda su extensión cubre una larga historia geológica asociada a procesos geodinámicos del Gondwana Occidental y de la Orogenia Andina y enmascara la deformación neotectónica de intraplaca.

2.2. Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, el noreste santiaguense se encuentra en el “Chaco Oriental” (Iriondo, 1993), que está conformado por los sectores distales de los grandes abanicos aluviales de la región, específicamente el abanico del río Salado. Comprende un ambiente de pantanos permanentes (esteros) y temporarios (bañados) (Neiff, 1986) que fueron atravesados por antiguas fajas fluviales de los grandes sistemas fluviales, estos últimos caracterizados por tener pendientes muy suaves y una carga sedimentaria de granulometría fina (Iriondo 1993; 1997).

El sistema del río Salado, donde se encuentra el área cartografiada, ha sufrido cambios graduales en su dirección de escurrimiento en sentido sur durante el Pleistoceno, desplazamiento vinculado con la avulsión de canales y la aparición de fallamientos longitudinales, denominados chaco-pampeano-bonaerenses (Castellanos, 1968). En el límite de las provincias de Santiago del Estero y Chaco, su curso es interrumpido por los bloques tectónicos elevados de las “Lomadas de Otumpa” (Rossello y Bordarampé, 2005), lo que también ha provocado cambios geomorfológicos e hidrológicos en particular (Peri y Rossello, 2010).

Durante el Cuaternario, la región Chaqueña sufrió cambios climáticos que significaron alternancias de períodos secos y fríos con otros húmedos y más cálidos. Durante el Pleistoceno, los procesos de aridización que afectaron a la región Chaco-pampeana se acentuaron especialmente durante el Último Máximo Glacial (UMG), mientras que otro evento más corto y menos severo tuvo lugar durante el Holoceno superior (Iriondo, 1993). Durante ambos períodos secos, dos sistemas de vientos regionales aparecieron, uno se originó en las regiones sur y central (Sayago, 1995), y el otro del noroeste, paralelo a las sierras Subandinas (Iriondo, 1993). La acción de los vientos causó erosión de los sedimentos superficiales y deposición del material erosionado en un extenso manto de arenas y limos, y campos de dunas locales (Iriondo, 1990; 1993; Sayago, 1995). Por lo tanto, si bien en su mayoría los materiales parentales de los suelos en esta área son fluviales, también existen lacustres y eólicos.

Por su parte, de acuerdo con el mapa geomorfológico de Santiago del Estero (1:250.000), la subcuenca “La Esperanza” se ubica en una “Llanura suavemente ondulada” (Boetto y Duffau,

1982). Esta unidad se caracteriza por la presencia de dorsales, lomadas y valles someros que se comportan como vías de escurrimiento temporario.

La dorsal situada en el límite de las provincias de Santiago del Estero y Chaco, es divisoria principal de agua y posee rumbo norte-sur, con cuesta suavizada, llamada Lomadas de Otumpa (Peri y Rossello, 2008). Este levantamiento trajo como consecuencia la reactivación de las corrientes fluviales a ambos lados de la dorsal. En el flanco oriental, se excava un sistema de valles que se organizan en dos modelos de avenamiento, uno de tipo subdendrítico de baja densidad, de dirección noroeste-sureste con aporte al Bajo de Chorotis (Chaco) y otro subdendrítico paralelo, con dirección norte-sur, que desagua en la depresión halomórfica que conforman las lagunas saladas (departamento J.F. Ibarra). En el lado occidental de la dorsal, la forma en que escurren las aguas superficiales se halla menos definida. Estas toman un rumbo norte-sur, integrándose en un sistema de pampas inundables interconectadas y en áreas lagunares de reducidas dimensiones alineadas en el mismo sentido (Boetto, 1994)

2.2.1. Área Cartografiada (subcuenca La Esperanza - sector santiagueño)

En el área mapeada, el estudio de la relación paisaje-suelo se llevó a cabo empleando el enfoque geopedológico propuesto por Zinck (1988; 2012). Para el nivel más bajo del sistema de clasificación de geoformas, denominado “Forma del terreno”, se pudieron identificar y delimitar cuatro unidades geomorfológicas (Figura nº 4), las cuales se caracterizan por presentar diferentes tipos de suelo (Vizgarra et al., 2018). A continuación se describe cada una de ellas:

En la “planicie suavemente ondulada”, situada en la posición más alta de la subcuenca, se reconocieron Haplustoles énticos (perfil 50 y 67) en las lomas, junto con Haplustoles típicos en las depresiones (perfil 73). Se trata de suelos de escaso desarrollo pedogenético, con epipedones arcillosos bien provistos en materia orgánica, seguidos por una sucesión de horizontes con granulometría muy variable, cuya génesis está vinculada con diferentes ciclos de erosión/depositación fluvial y eólica ocurridos en la cuenca (Moretti et al., 2017; 2018).

En la “pendiente suave”, se identificaron suelos de mayor desarrollo pedogenético, representados por Argiustoles típicos (perfil 16), junto con Haplustales incépticos (perfil 12 y 21). Poseen texturas que varían de franco arcillo limosa en superficie a franco limosa en profundidad y están bien provistos en materia orgánica. Estos suelos han sufrido procesos de erosión hídrica favorecidos principalmente por la longitud de la pendiente y su escasa cobertura superficial, hecho corroborado por la presencia de cárcavas en el ámbito del área cartografiada.

En el “plano bajo”, se identificó una asociación de Vertisoles que incluye Haplusteres údicos (perfil 34), Haplusteres típicos (perfil 53) y Calciusteres petrocálcicos (perfil 29). Poseen un horizonte superficial bien provisto de materia orgánica y morfológicamente se caracterizan por presentar agregados cuneiformes, superficies o caras de fricción (slickensides) y grietas que se extienden desde la superficie hasta los 50 cm de profundidad. En el último caso, la presencia de un horizonte petrocálcico podría limitar la exploración de las raíces y la infiltración del agua, actuando además como un nivel de base para los procesos de erosión hídrica ocurridos en la subcuenca. En este sentido, se ha observado con frecuencia el afloramiento de este horizonte cementado con carbonato de calcio en el piso de las cárcavas relevadas.

Por último en la “vía de drenaje”, sector más bajo y acotado del paisaje, la fluctuación del nivel freático en los Vertisoles determina el desarrollo de Endoacuerres típicos (perfil 27). Son suelos con el horizonte superficial bien provisto de materia orgánica, profundos, con textura arcillo limosa en casi todo el perfil y presencia de rasgos hidromórficos. En esta unidad, habrían prevalecido condiciones favorables para la pedogénesis, resultando en perfiles caracterizados por una sucesión de horizontes Bt que superan el metro de profundidad, posiblemente relacionado con más de un ciclo pedogenético.

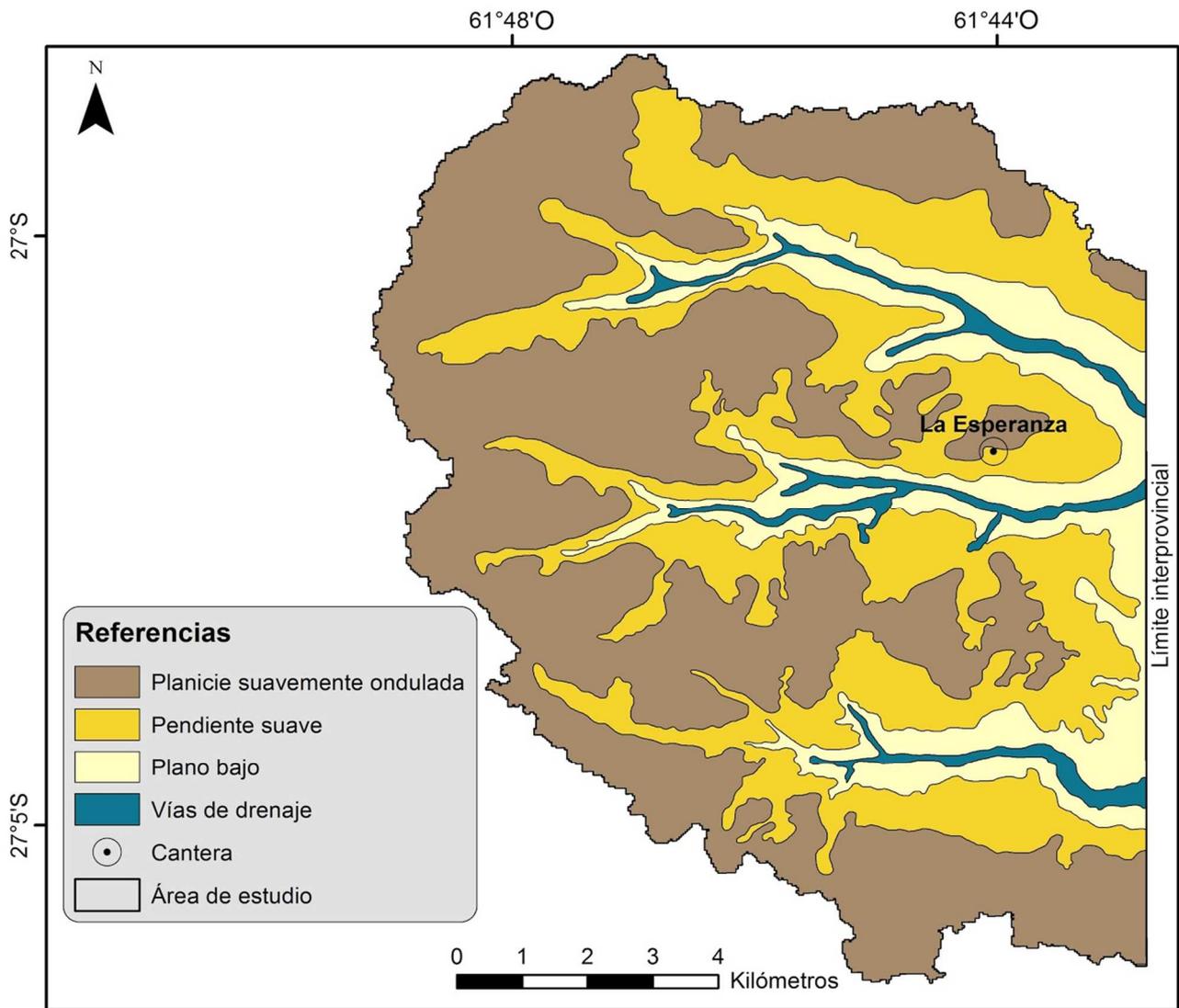


Figura nº 4. Mapa geomorfológico del área cartografiada

Es importante destacar que hasta el momento de edición de esta publicación, el orden Vertisol no fue documentado en la cartografía disponible tanto para Santiago del Estero, como para la vecina provincia del Chaco, donde tiene continuidad esta subcuenca.

2.3. Caracterización climática

El sector NE de la provincia de Santiago del Estero pertenece a la región Chaco Subhúmedo central (transición entre Chaco semiárido y Chaco húmedo). El clima es cálido, está caracterizado por vientos predominantes de los cuadrantes Sur y Norte, el régimen pluviométrico es de tipo monzónico y presenta una marcada amplitud térmica (Boletta, 2001). Para el análisis de los elementos climatológicos, se utilizaron datos de temperatura de la Sociedad Rural del Noreste Santiaguense ($27^{\circ} 39' 17.93''$ latitud sur y $62^{\circ} 24' 37.24''$ longitud oeste) ubicada a 95 km al SO del área de estudio; de precipitaciones del Establecimiento El Toba (Agrometeorología INTA Santiago del Estero, *com.pers.*) ($26^{\circ} 27' 50.49''$ latitud sur y $61^{\circ} 48' 55.22''$ longitud oeste) y de la Estancia Los Gatos ($27^{\circ} 8' 7.99''$ latitud sur y $61^{\circ} 45' 53.99''$ longitud oeste), ubicadas a 67 km al NNO y 10 km al SO respectivamente de la subcuenca La Esperanza. También se tomaron datos de algunas variables (precipitación, temperaturas, heliofanía efectiva, humedad relativa, vientos a 2 y 10 m de altura y radiación solar) de la estación convencional del observatorio meteorológico de la EEA INTA Las Breñas, ubicado a 50 km al E ($27^{\circ} 4' 25.88''$ latitud sur y $61^{\circ} 3' 54.77''$ longitud oeste) del área de estudio (Figura nº 5).

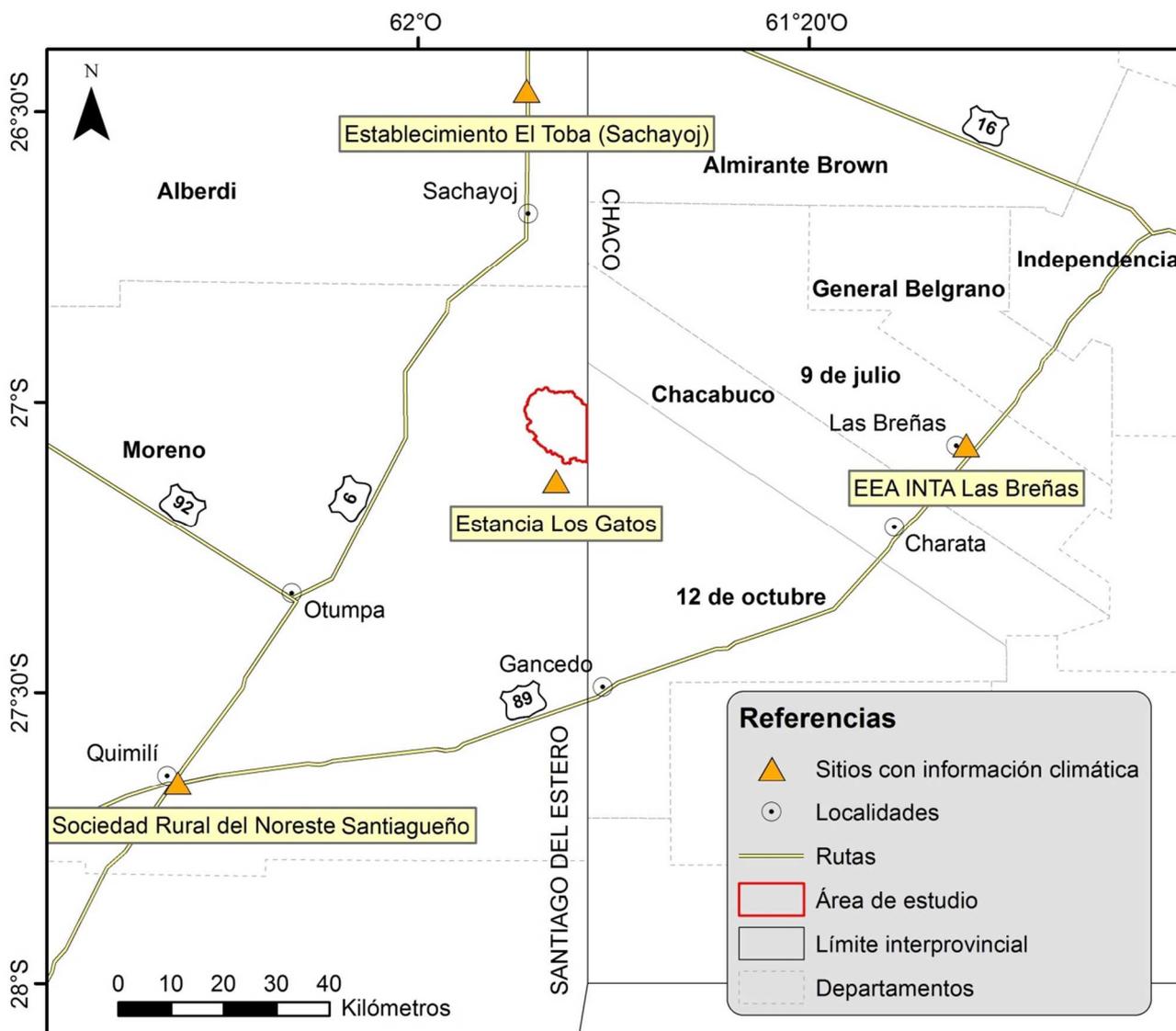


Figura nº 5. Localización de los sitios de donde se tomaron los datos de las variables climáticas

2.3.1. Viento

Para la estación meteorológica de la EEA INTA Las Breñas la velocidad media anual del viento a 2 m de la superficie del suelo es de 8.9 km/h, que indica un régimen de vientos leves, con un máximo en septiembre (11.2 km/h) y un mínimo en abril (7.5 km/h). La velocidad del viento tomada a 10 m registra un valor medio anual de 11.2 km/h con máximas en septiembre (14.0 km/h) y mínimas en abril y mayo (9.4 km/h) (Tabla nº 5 y Figura nº 6).

Tabla nº 5. Velocidad media mensual y anual del viento a 2 y 10 m de altura (km/h). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
2 m	8.4	7.9	7.7	7.5	7.6	7.8	8.8	9.9	11.2	10.8	10.1	9.1	8.9
10 m	10.7	10.0	9.7	9.4	9.4	9.7	11.1	12.4	14.0	13.6	12.7	11.5	11.2

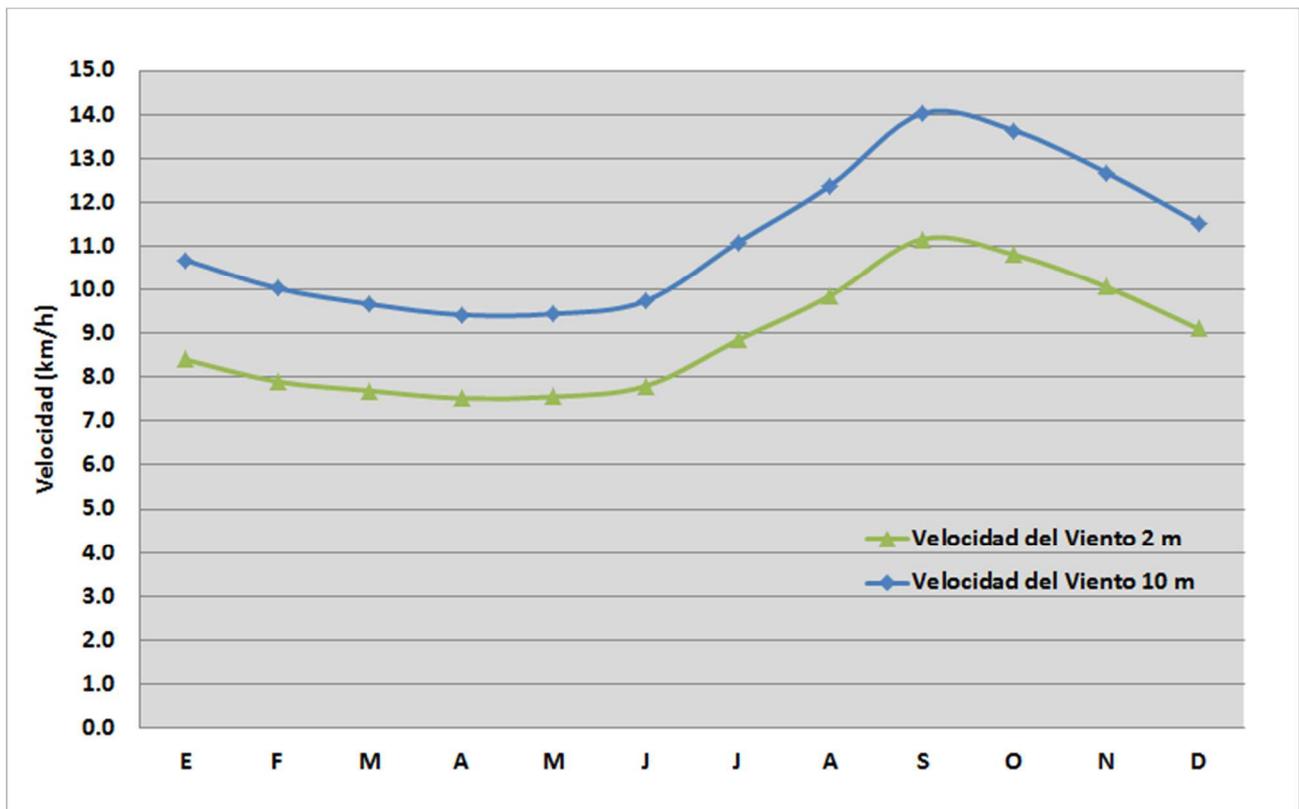


Figura nº 6. Velocidad de viento media mensual a 2 y 10 de altura (km/h). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

2.3.2. Temperatura

En la Tabla nº 6 y Figura nº 7 se presentan las temperaturas medias, máximas y mínimas medias mensuales y anuales, y las temperaturas absolutas de la localidad de Quimilí, datos provistos por la Sociedad Rural del Noreste Santiagueño (*com. pers.*), período 1995-2016. Los extremos térmicos para la zona oscilan entre 47.6° C y -9.4° C (Boletta, 2001). La temperatura media anual es de 21.7°C, con registros promedios de 28.4 °C en el mes más caluroso (enero) y 13.7 °C en el más frío (julio) del año.

Tabla nº 6. Temperatura en casilla a 1,5 m de altura (°C). Sociedad Rural del Noreste Santiaguense 1995-2016

Mes	Medias	Máximas medias	Mínimas medias	Máximas absolutas	Mínimas absolutas
E	28.4	34.6	22.2	44.3	11.0
F	26.7	32.3	21.1	44.0	7.1
M	24.8	30.2	19.4	41.1	3.6
A	21.5	26.6	16.9	39.4	0.3
M	17.3	22.6	12.3	38.0	-7.2
J	14.5	19.9	9.3	32.5	-5.0
J	13.7	19.9	7.5	36.2	-9.4
A	16.5	23.0	10.0	39.1	-7.9
S	19.8	26.2	13.2	42.0	-2.0
O	23.6	29.6	17.5	44.3	1.8
N	25.4	31.4	19.5	47.6	4.1
D	27.6	33.7	21.6	45.9	8.0
Año	21.7	27.5	15.9	47.6	-9.4

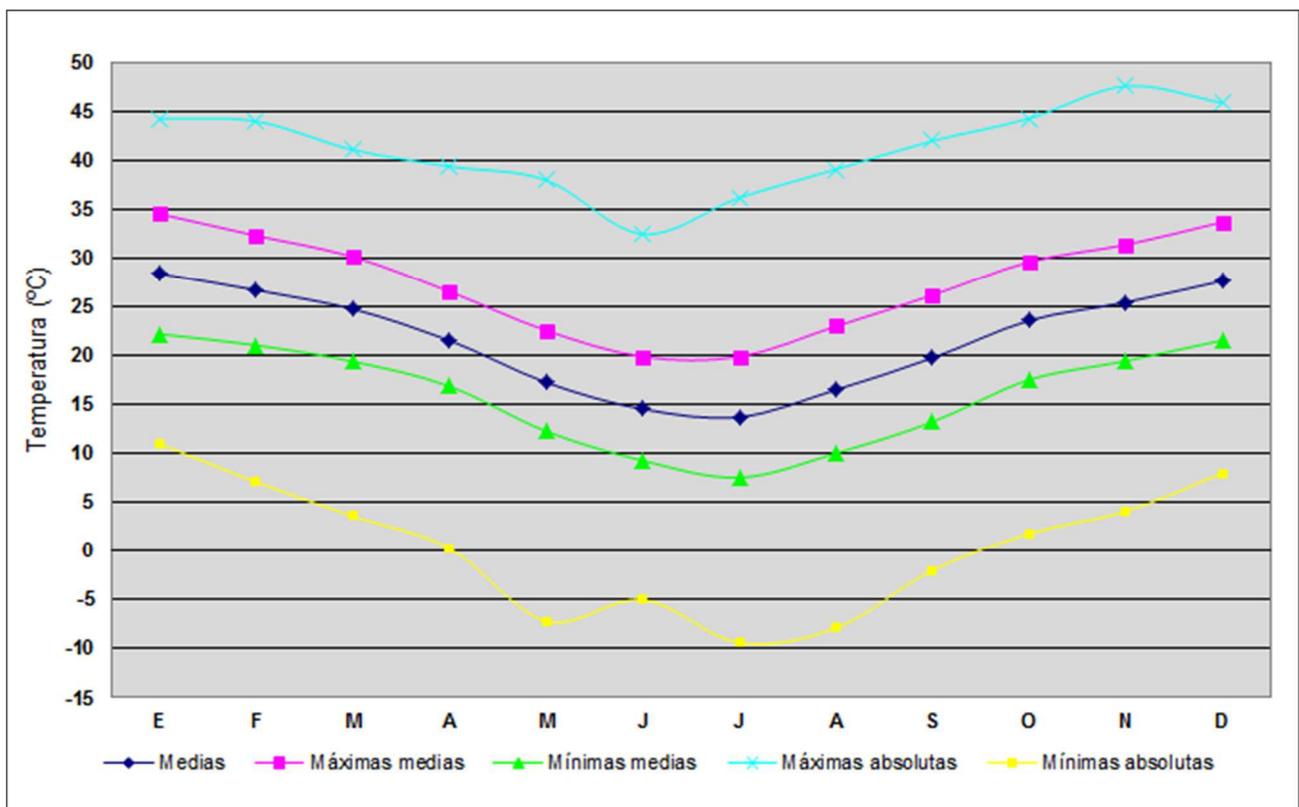


Figura nº 7. Temperatura media, máxima y mínima media mensual y absolutas. Sociedad Rural del Noreste Santiaguense 1995-2016

La temperatura media anual de la EEA INTA Las Breñas es 21.9 °C y varía entre 27.5 °C en enero y 15.8 °C en junio y julio, por lo que la amplitud térmica media anual es de 11.7 °C (Tabla nº 7 y Figura nº 8), por lo que el régimen térmico es templado. Se presenta también datos de temperaturas máximas y mínimas medias mensuales y anuales, y las temperaturas absolutas. Los valores absolutos máximo y mínimo registrados fueron de 44.8 °C en diciembre y de -6.6 °C en junio respectivamente.

Tabla nº 7. Temperatura en casilla a 1,5 m de altura (°C). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

Mes	Medias	Máximas medias	Mínimas medias	Máximas absolutas	Mínimas absolutas
E	27.5	33.9	21.2	42.8	10.4
F	26.6	32.6	20.6	43.3	3.5
M	25.0	30.8	19.2	40.9	2.3
A	21.6	27.1	16.0	39.5	-0.1
M	18.4	24.2	12.6	36.5	-6.1
J	15.8	21.5	10.1	33.9	-6.6
J	15.8	22.3	9.3	36.5	-6.3
A	17.7	24.8	10.5	39.1	-5.7
S	19.8	27.0	12.7	41.8	-2.6
O	23.0	29.9	16.2	44.8	0.5
N	24.5	31.1	17.9	44.5	5.0
D	26.8	33.2	20.3	44.8	6.2
Año	21.9	28.2	15.5	44.8	-6.6

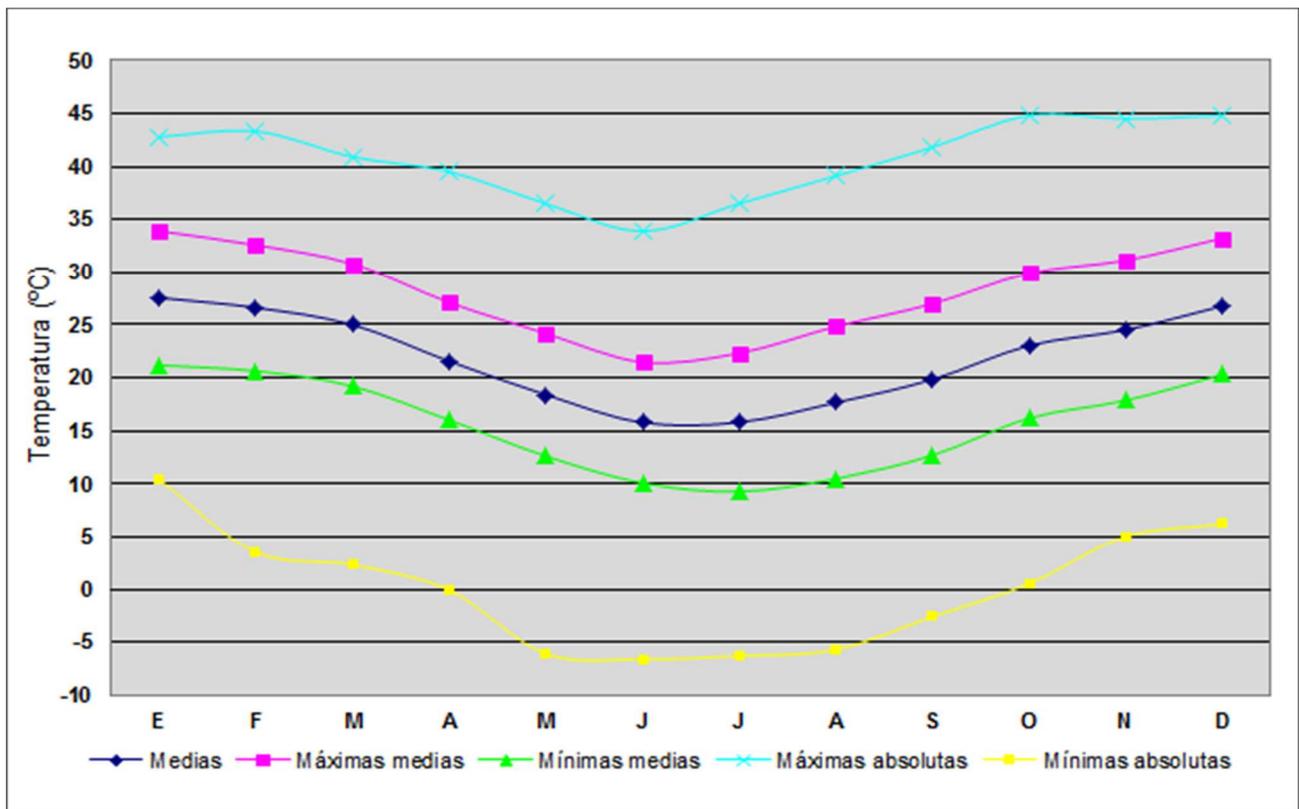


Figura nº 8. Temperatura media, máxima y mínima media mensual y absolutas. EEA INTA Las Breñas 1967-2017

2.3.3. Radiación solar

La radiación solar tiene un papel importante porque influye en los procesos de fotosíntesis y fotomorfogénesis de las plantas. Asimismo es una variable que influye en la expresión de los rendimientos máximos.

En la Tabla nº 8 y en la Figura nº 9 se presentan los valores de radiación global media de la EEA INTA Las Breñas.

Tabla nº 8. Radiación global media mensual y anual (Mj/m²). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
24.0	21.9	17.8	13.9	11.1	9.2	10.8	13.5	16.4	19.8	23.1	24.0	17.1

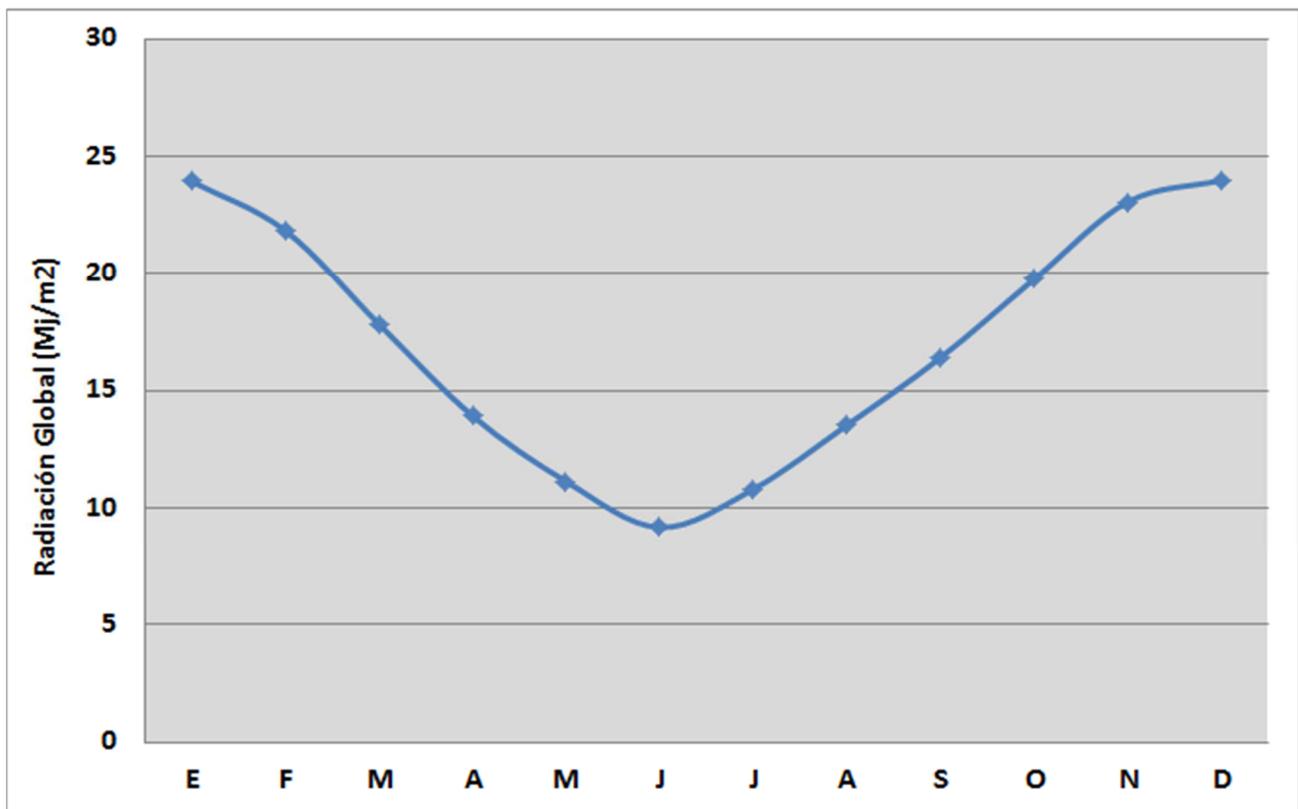


Figura nº 9. Radiación global media mensual. EEA INTA Las Breñas 1967-2017

2.3.4. Heliofanía efectiva (horas)

Se refiere al tiempo en que se recibe luz solar directa; su valor se relaciona con la latitud y época del año, que determinan la diferente duración del día y está sensiblemente modificado por el relieve del lugar. En la Tabla nº 9 y Figura nº 10 se observan los datos de heliofanía efectiva para el observatorio de la EEA INTA Las Breñas.

Tabla nº 9. Heliofanía efectiva media normal (horas). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
9.2	8.6	7.3	6.3	5.8	5.0	6.1	6.8	7.1	7.8	8.9	9.1	7.3

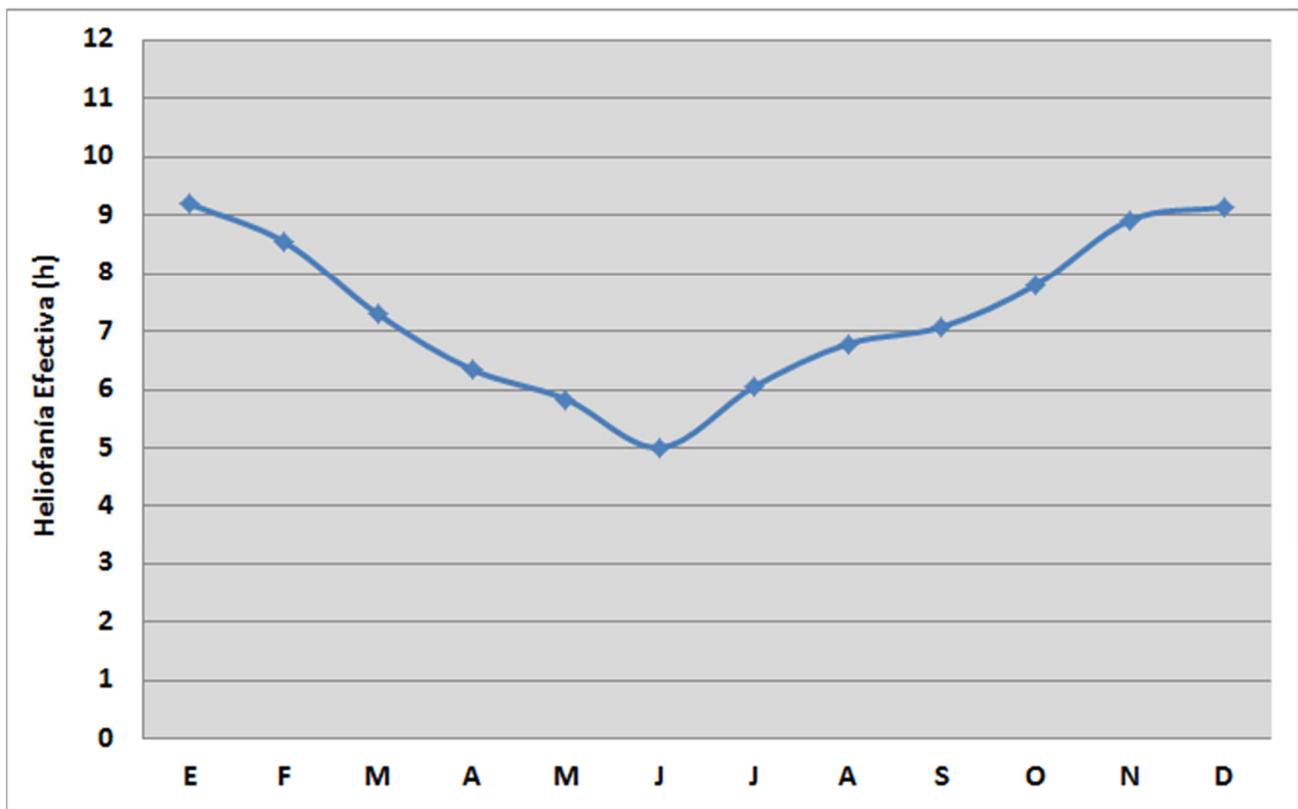


Figura nº 10. Heliofanía efectiva media mensual normal (horas). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

2.3.5. Humedad relativa

Esta variable reviste especial importancia agronómica al regular parcialmente la desecación de los suelos, la transpiración de las plantas y la aparición de plagas.

Los valores medios mensuales y anuales obtenidos en el observatorio de la EEA INTA Las Breñas (Tabla nº 10 y Figura nº 11) muestran el elevado contenido de agua en la atmósfera durante todo el año. El período entre abril y junio aparece como el más húmedo del año, y septiembre es el mes de menor humedad relativa porcentual.

Tabla nº 10. Humedad relativa media mensual y anual (%). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
62	67	71	74	74	74	67	60	56	59	60	60	65

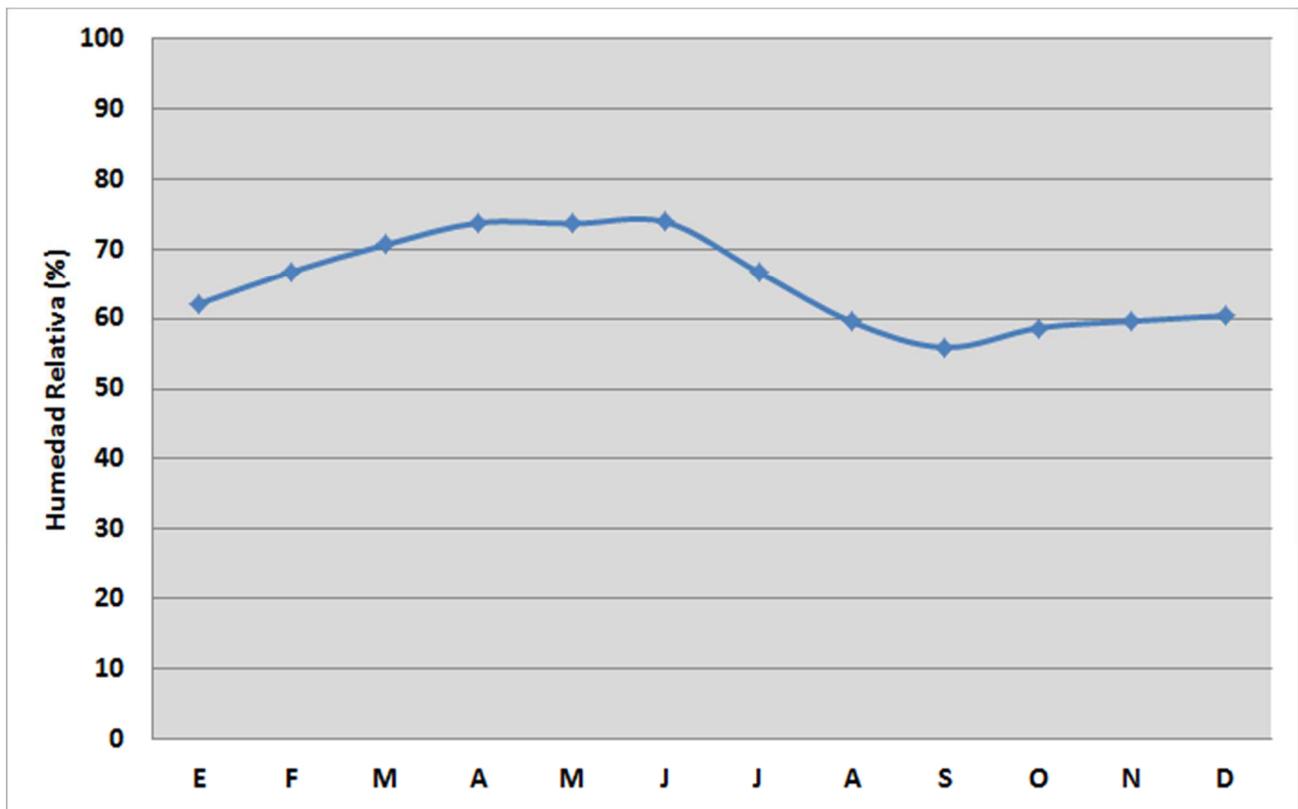


Figura nº 11. Humedad relativa media mensual (%). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

2.3.6. Precipitación

La precipitación media anual oscila entre 650 y 900 mm, concentrándose más del 60 % en el semestre cálido (octubre a marzo). El verano se caracteriza por ser muy caluroso, las lluvias son intensas y se concentran en los meses mencionados anteriormente. En cambio, en invierno y hasta principios de primavera se caracterizan por ser secos (Boletta, 2001). De acuerdo a la serie histórica 1949-2014, la precipitación media anual para el Establecimiento El Toba de la localidad de Sachayoj es de 688.3 mm, los meses más lluviosos corresponden al periodo diciembre hasta marzo con 424 mm acumulados y los más secos son junio, julio y agosto con 26.6 mm acumulados. Puede observarse la marcada estacionalidad de las precipitaciones (Tabla nº 11 y Figura nº 12).

Tabla nº 11. Precipitaciones medias mensuales y anual (Media) y desvíos estándar (DE). Establecimiento El Toba (Sachayoj) 1949-2014.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Media	110.2	97.2	109.0	67.9	24.0	9.5	8.3	8.8	16.9	52.8	76.4	107.2	688.3
DE	60.5	71.3	71.3	51.1	31.8	20.5	14.7	14.7	15.5	38.0	51.1	73.9	197.2

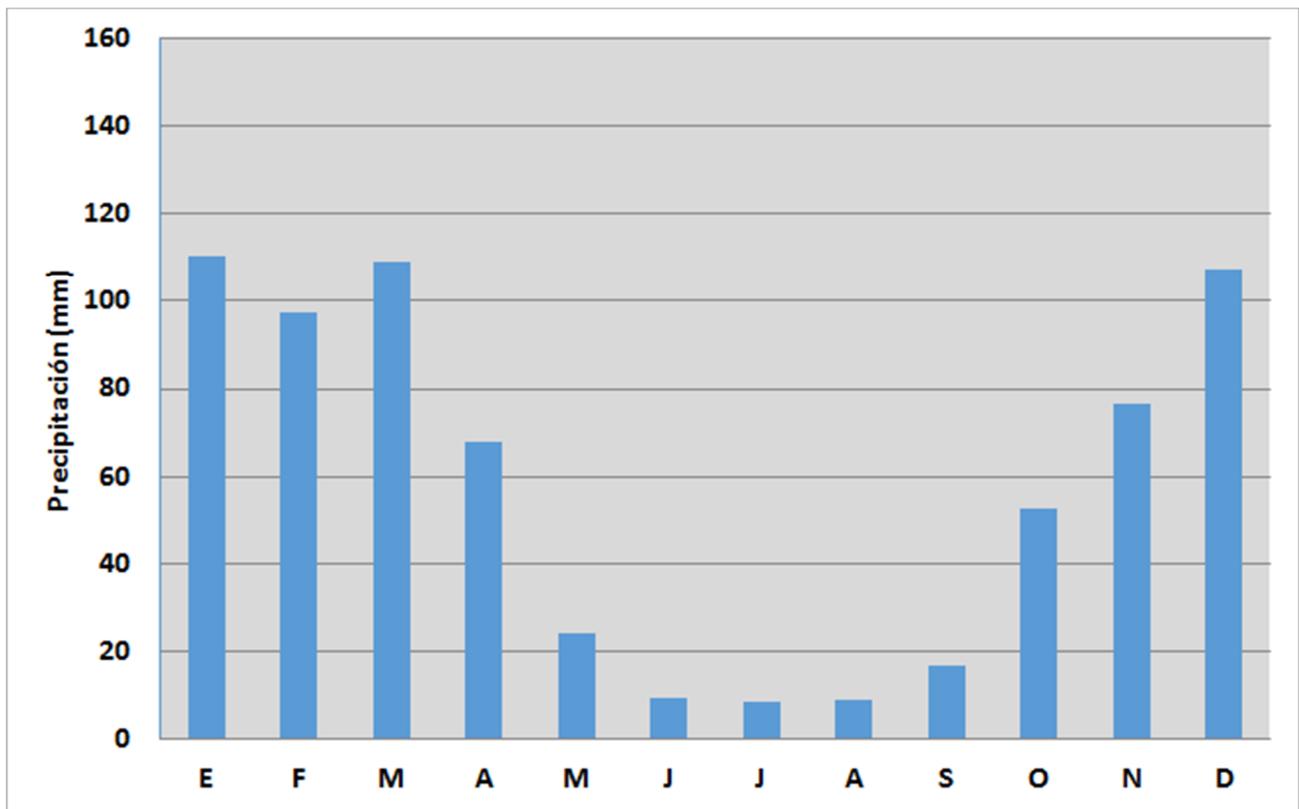


Figura n° 12. Precipitación media mensual (mm). Establecimiento El Toba (Sachayoj) 1949-2014.

En la Tabla n° 12 se presentan los datos de precipitación media mensual y anual con sus desvíos estándar de la Estancia Los Gatos y en la Figura n° 13 se observa la precipitación media mensual.

Tabla n° 12. Precipitaciones medias mensuales y anual (Media) y desvíos estándar (DE). Estancia Los Gatos 1990-2017

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Media	130.5	115.2	104.7	104.8	25.0	10.5	4.3	11.8	24.1	67.6	110.8	137.7	847.0
DE	76.8	63.2	56.8	88.2	33.8	19.3	11.2	18.1	27.8	38.3	63.9	76.5	205.8

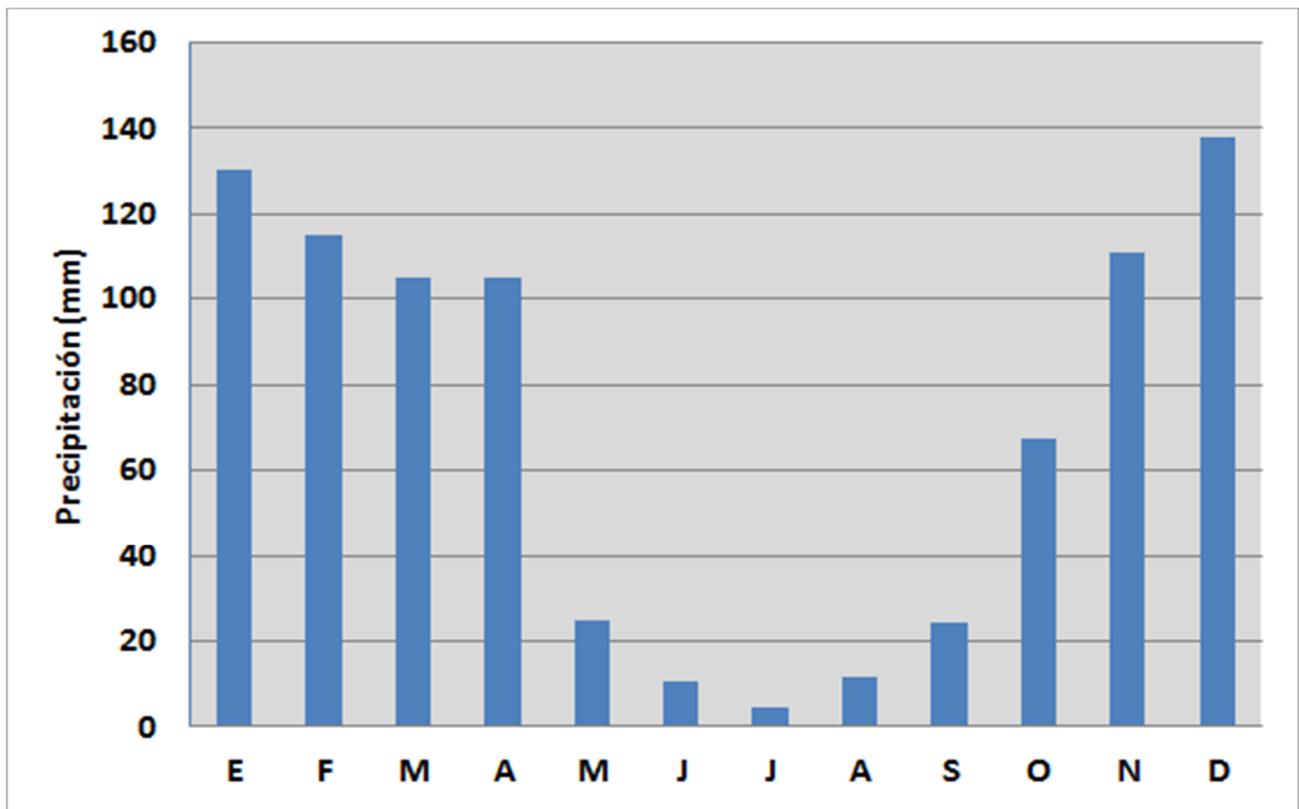


Figura nº 13. Precipitación media mensual (mm). Estancia Los Gatos 1990-2017

En la Tabla nº 13 se presentan los datos de precipitación media mensual y anual con sus desvíos estándar de la EEA INTA Las Breñas y en la Figura nº 14 se observa la precipitación media mensual.

Tabla nº 13. Precipitaciones medias mensuales y anual (Media) y desvíos estándar (DE). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Media	145.7	129.4	131.4	108.9	39.4	23.6	14.9	19.9	32.8	76.9	122.4	121.5	966.8
DE	73.3	72.8	82.0	61.4	43.1	28.3	16.5	23.6	27.5	37.7	59.7	74.3	232.8

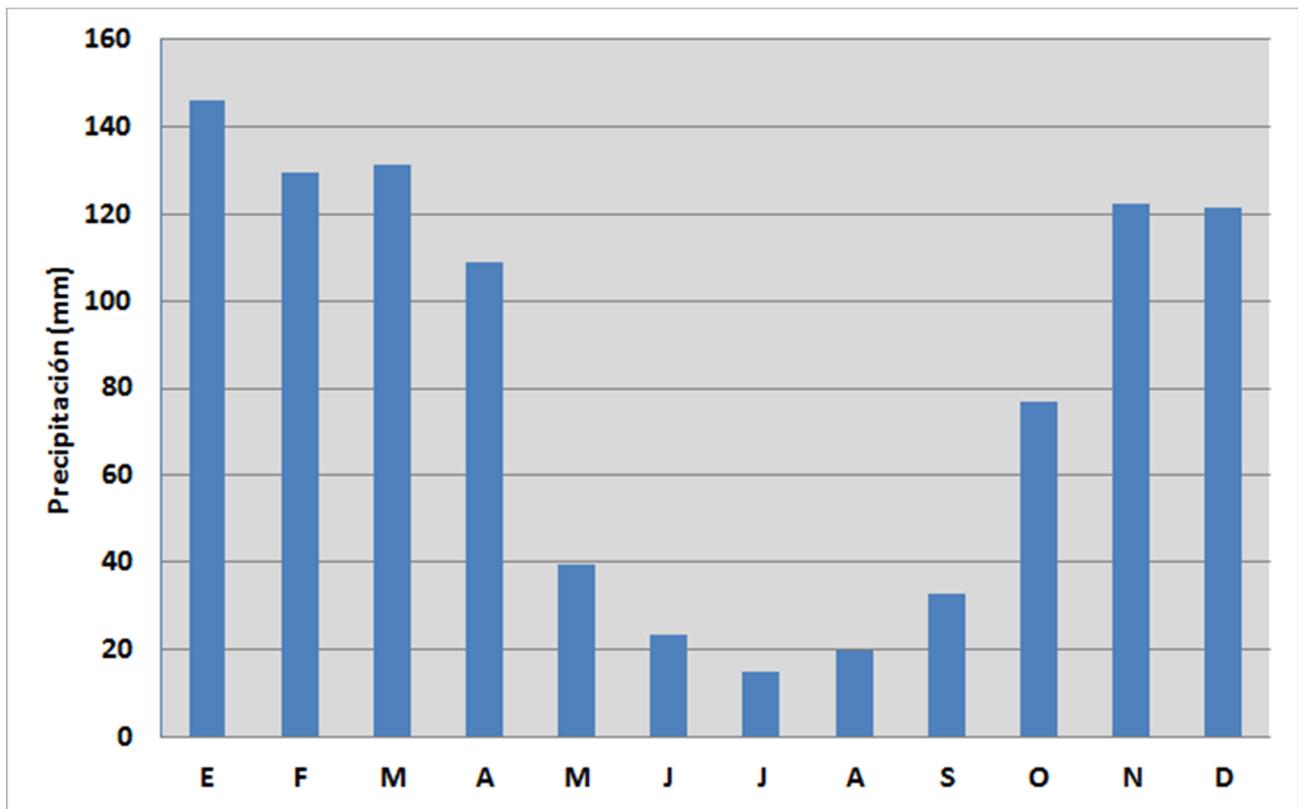


Figura nº 14. Precipitación media mensual (mm). EEA INTA Las Breñas 1967-2017

2.4. Vegetación

El NE Santiaguense se encuentra emplazado en la región denominada Neotropical, en el Dominio Chaqueño, específicamente en la Provincia Chaqueña y en el Distrito Chaqueño Occidental (Cabrera, 1994). Este último se extiende por la mitad occidental de Formosa y Chaco, casi todo Santiago del Estero, el extremo oriental de Jujuy, el este de Salta y Tucumán, llegando hasta el este de Catamarca.

La vegetación original del Distrito está constituida por bosques xerófilos, algunos palmares, estepas halófilas y algunas sabanas edáficas o inducidas por incendios o desmontes. La comunidad clímax está compuesta por el bosque de quebracho colorado santiaguense (*Schinopsis lorentzii*) (Figura nº 15) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) (Figura nº 16). Otros árboles importantes son el itín (*Prosopis kuntzei*) (Figura nº 17), el mistol (*Ziziphus mistol*) (Figura nº 18), guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*) (Figura nº 19) y quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*) (Figura nº 20). Especies arbóreas de menor altura son garabato (*Acacia praecox*), brea (*Cercidium australe*), sombra de toro (*Jodina rhombifolia*), algarrobo blanco (*Prosopis alba*) y yuchán (*Chorisia insignis*). En el estrato arbustivo son frecuentes: *Bougainvillea praecox*, *Bougainvillea infesta*, *Ruprechtia apetala*, *Ruprechtia triflora*, *Bulnesia bonariensis*, *Bulnesia foliosa*, *Capparis speciosa*, *Atamisquea emarginata*, etc. La presencia de arbolitos y arbustos espinosos, como chañar (*Geoffroea decorticans*), churqui (*Acacia caven*), tusca (*Acacia macrantha*) (Figura nº 21), teatin (*Acacia furcatispina*), garabato (*Acacia praecox*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*) (Figura nº 22), entre otras, según Morello y Saravia (1959) indican exceso de pastoreo. Las cactáceas más importantes son el quimil (*Opuntia quimilo*) (Figura nº 23) y el cardón (*Cereus coryne*). El estrato herbáceo está formado por gramíneas, como el aibe (*Elionurus muticus*) (Figura nº 24), *Setaria gracilis*, *Govinia latifolia*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria argentina*, *Eragrotis fláccida*, *Gymnopogon radiatus*, *Panicum paucispicatum*, *Heteropogon contortus*, *Trichloris crinita*, *Trichloris pluriflora*, *Chloris polydactyla* y otras. Además hay dicotiledóneas, como *Ruellia lorentziana*, *Ruellia tweedici*, *Ruellia bahiensis*, *Justicia echegarayi*, *Holocheilus*

hieracioides, *Trixis papillosa*, *Hyptis lappacea*, *Copsicum microcarpum*, entre otras (Cabrera, 1994).

En el área cartografiada, la vegetación predominante está compuesta por los “tres quebrachos” (*Schinopsis balansae*, *Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho-blanco*), cuya presencia en conjunto existe únicamente allí, favorecida por las condiciones climáticas (Morello et al., 2012).

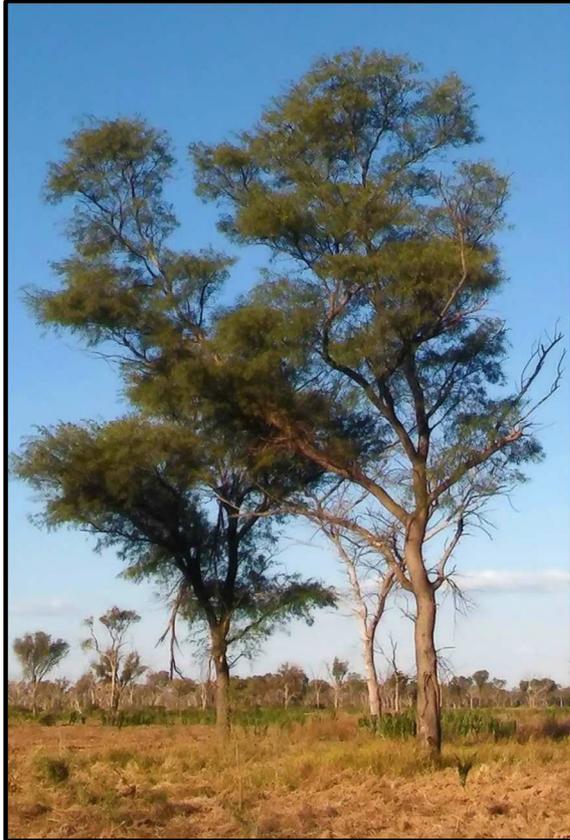


Figura nº 15. Ejemplar de quebracho colorado santiagueño



Figura nº 16. Ejemplar de quebracho blanco



Figura nº 17. Ejemplar de itín



Figura nº 18. Ejemplar de mistol



Figura nº 19. Ejemplar de guayacán



Figura nº 20. Ejemplar de quebracho colorado chaqueño.
Autor: Verónica Sauer



Figura nº 21. Ejemplar de tusca



Figura nº 22. Ejemplar de algarrobo negro



Figura nº 23. Ejemplar de quimil



Figura nº 24. Ejemplar de aibe. Autor: Josefina Uribe Echevarria

3. Los Suelos

3.1. Generalidades

En este capítulo se dan a conocer las principales características de los perfiles de suelos reconocidos y la clasificación hasta el nivel de familia en la subcuenca La Esperanza, según el sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014). Posteriormente, en función de la homogeneidad genética y morfológica de las familias determinadas, se definieron en total ocho series de suelo. Finalmente se determinaron las unidades cartográficas de acuerdo a las metodologías propuestas en el Soil Survey Manual (1993) y Van Wambeke y Forbes (1989).

Las unidades cartográficas y sus delineaciones individuales definen áreas en el paisaje. Dichas unidades pueden contener suelos a los cuales se hace referencia por un nombre taxonómico o un no-suelo (áreas misceláneas). Además, proporcionan información acerca de la complejidad y las relaciones entre los componentes de la unidad. Las clases de unidades cartográficas primarias que se usan en los inventarios del recurso suelo son cinco (Wambeke y Forbes, 1989), de las cuales para esta publicación se han definido dos tipos: Consociaciones y Asociaciones.

En las Consociaciones las características de los suelos que componen la unidad son los suficientemente similares como para comportarse de igual manera ante un mismo uso. En general, en las Consociaciones de suelos al menos la mitad de la unidad cartográfica debe estar ocupada por un suelo dominante, siempre que la mayor parte que resta esté constituida por dos o más suelos similares al suelo que le da nombre a la unidad. La unidad usualmente lleva el nombre del suelo dominante. Un ejemplo de este tipo de unidad en esta publicación es la consociación de Haplustoles énticos y Haplustoles típicos ubicados en la unidad de paisaje denominada “planicie suavemente ondulada”.

Las Asociaciones están definidas cuando los suelos que la componen son lo suficientemente diferentes en morfología y comportamiento, que la unidad cartográfica no constituye una Consociación. En una Asociación, dos o más series de suelo diferentes se encuentran agrupadas. La unidad cartográfica lleva el nombre de la serie más representativa de la Asociación. Muchas veces, las Asociaciones podrían ser objeto de estudios más detallados (a escalas mayores) para delimitar por separado los suelos que incluyen. A modo de ejemplo en el sector NE del área mapeada, se describe una asociación de Argiustoles típicos levemente erosionados en pendientes y Haplustalfes incépticos en planos altos.

3.2. Distribución y Clasificación Taxonómica de los Suelos

La Tabla nº 14 indica la clasificación taxonómica de los suelos reconocidos en la subcuenca La Esperanza. Los suelos están clasificados de acuerdo con las Claves para la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2014).

Tabla nº 14. Clasificación taxonómica de los suelos del área mapeada

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO	FAMILIA TEXTURAL	PERFIL REPRESENTATIVO	SERIE
Molisol	Ustol	Haplustol	Haplustol éntico	Franca-gruesa	50	Santa Rita
			Haplustol típico	Franca-gruesa	73	Los Socios
		Argiustol	Argiustol típico	Limosa-gruesa	16	La Naranjita
Alfisol	Ustalf	Haplustalf	Haplustalf incéptico	Limosa-fina	21	Peralta
Vertisol	Acuert	Endoacuert	Endoacuert típico	Fina	27	Doña Rosa
	Ustert	Calciustert	Calciustert petrocálcico	Fina	29	Pago Salvaje
		Haplustert	Haplustert údico	Fina	34	La Guasuncha
			Haplustert típico	Fina	53	Pardos

3.3. Descripción de las Series de Suelos

A continuación se describen, por orden alfabético, las series de suelo que se han descrito en el sector santiagueño de la subcuenca La Esperanza. Junto con el nombre de la serie, aparece la clasificación correspondiente hasta el nivel de subgrupo junto con la familia de clase por tamaño de partícula y de temperatura del suelo según el sistema taxonómico utilizado (Soil Survey Staff, 2014).

Las descripciones incluidas son sintéticas e interpretativas y destacan las principales características morfológicas y fisicoquímicas de cada suelo, señalando aquellas que representan cualidades o limitaciones para su uso. Estas reseñas están dirigidas fundamentalmente a aquellos usuarios poco familiarizados con la terminología edafológica, con la intención que productores o asesores no especializados en suelos puedan reconocer en el campo los perfiles a los que hace referencia esta publicación.

Endoacuert típico, familia fina, hipertérmica

Este perfil fue seleccionado para representar a un grupo de suelos que se desarrollan en vías de drenaje presentes en la subcuenca y se encuentran junto a otros vertisoles en los sectores planos y bajos del paisaje. Presenta drenaje moderado a imperfecto y su permeabilidad es moderada a lenta. Se trata de un suelo bien desarrollado, caracterizado por un elevado porcentaje de arcilla en casi todo el perfil, junto con rasgos típicos del orden de suelos como agregados cuneiformes, slickensides y grietas. El pH varía de neutro en superficie a ligeramente alcalino en profundidad. Posee régimen de humedad ácuico y endosaturación. A partir de los datos analíticos es posible identificar discontinuidades litológicas.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 6.7 km al NNO de la cantera La Esperanza en el establecimiento Doña Rosa (27° 0' 5.50" latitud sur y 61° 45' 45.19" longitud oeste).

Fecha: 06/08/2015

Reconocedores: Lucas Moretti y Lidia Vizgarra

Ap 0-17 cm; gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios fuertes; duro en seco, firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; pH neutro; se observan grietas de 2mm; límite claro y suave.

Bt 17-42 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos fuertes; duro en seco, friable en húmedo, plástico y adhesivo en mojado; pH neutro; barnices abundantes; límite abrupto y ondulado.

Btss1 42-84 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas muy gruesos fuertes que rompen a bloques, algunos de los cuales se caracterizan por su morfología cuneiforme; pH neutro; extremadamente duro en seco, friable en húmedo, plástico y muy adhesivo en mojado; barnices muy abundantes; slickensides abundantes; moteados comunes y escasas concreciones de Fe-Mn; límite gradual y suave.

2Btss2 84-110 cm; pardo (10YR 5/3) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcilloso; estructura en prismas medios fuertes que rompen a bloques, algunos de los cuales se caracterizan por su morfología cuneiforme; duro en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; barnices muy abundantes; escasos slickensides; presencia de moteados comunes y escasas concreciones de Fe-Mn; pH ligeramente alcalino; límite claro y suave.

2Bt 110-128 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco limoso; estructura en prismas medios fuertes que rompen a bloques angulares medios moderados; duro en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo en mojado; barnices abundantes; presencia de moteados comunes y escasas concreciones de Fe-Mn; ligeramente alcalino; límite abrupto y suave.

3Btss 128-145+ cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas gruesos fuertes que rompen a bloques, algunos de los cuales se caracterizan por su morfología cuneiforme; duro en seco, friable en húmedo, plástico y muy adhesivo en mojado; barnices muy abundantes; escasos moteados y concreciones comunes de Fe-Mn; ligeramente alcalino.



Perfil representativo nº 27



Paisaje representativo nº 27

Datos analíticos del perfil típico n° 27

Horizonte	Ap	Bt	Btss1	2Btss2	2Bt	3Btss
Profundidad (cm)	0-17	17-42	42-84	84-110	110-128	128-145
C %	1,55	0,85	0,43	0,24	0,2	0,08
MO %	2,67	1,47	0,74	0,41	0,34	0,14
N %	0,13	0,08	0,05	-	-	-
C/N	11,9	10,6	8,6	-	-	-
Fósforo extractable (ppm)	49	12,6	3,6	5,7	7,9	4,4
Arcilla (< 2 µ)	31,5	40,8	50,5	27,2	24,8	52,3
Limo fino (2 - 20 µ)	41,7	37,1	32,4	27,4	32,1	12,5
Limo Total (2 - 50 µ)	60,3	51,3	43	45,7	50,4	42,8
Arena muy fina (50 -100 µ)	6,4	6,5	5,1	23,2	19,3	3,2
Arena fina (100-250 µ)	1,4	1,1	1,2	3,6	5,1	1
Arena media (250 -500 µ)	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4
Arena gruesa (500-1000 µ)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Arena muy gruesa (1000-2000 µ)	0	0	0	0	0	0
Clasificación Textural	Franco arcillo limoso	Arcillo limoso	Arcillo limoso	Franco arcilloso	Franco limoso	Arcillo limoso
CaCO3 (%)	0	0	0	0,2	0,9	1,1
Cond. Eléct. (mS/cm)	0,52	0,91	1,45	0,72	0,75	1,38
pH en H2O (1:2,5)	6,58	6,81	7,14	7,6	7,64	7,64
pH en 1 M KCl (1:2,5)	5,29	5,34	5,5	5,71	6,34	7,19
pH en 0,01 M CaCl2 (1:2,5)	5,56	5,83	6,21	6,51	6,93	6,81
CIC (cmol _e /kg)	22,8	26,1	29,9	28	26,4	30,1
Ca ++ (cmol _e /kg)	11,3	13,9	16,9	-	-	-
Mg ++ (cmol _e /kg)	3,2	3,9	4,3	4,2	4,7	4,3
Na + (cmol _e /kg)	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,7
K + (cmol _e /kg)	2,6	2,8	3,9	3,2	2,8	4,7
PSI (%)	2,6	1,9	2,3	2,5	2,3	2,3
Valor S (cmol _e /kg)	17,7	21,1	25,8	-	-	-
V (%)	77,6	80,8	86,3	-	-	-
CC (% grav.)	30,16		33,24	30,56	-	30,91
PMP (% grav.)	13,06		21,04	15,6	-	21,24
Dap (gr/cm ³)	1,28	1,3	1,34	1,22	-	1,33

Haplustert údico, familia fina, hipertérmica

El perfil representativo La Guasuncha fue reconocido en sectores planos y bajos ubicados en el noreste de la subcuenca La Esperanza. Posee permeabilidad moderadamente lenta a lenta y su drenaje es moderado a imperfecto. Se trata de un perfil bien desarrollado, con grietas de 5 mm desde la superficie hasta el horizonte C. El horizonte superficial A posee 18 cm de espesor, reacción neutra y buena provisión de materia orgánica. A continuación aparece un horizonte Btss, subdividido en Btss1 y Btss2, que se extiende hasta los 59 cm: se caracteriza por su pH neutro, textura arcillo limosa y se presenta bien estructurado. El perfil continúa con un horizonte de transición BCk ligeramente alcalino donde se observan concreciones calcáreas de 3 mm de diámetro. A partir de los 88 cm se reconoce el horizonte 2Ck, moderadamente alcalino, con fuerte reacción a los carbonatos libres en la masa y presencia de concreciones calcáreas de 4 mm de diámetro.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 4.2 km al NNO de la cantera La Esperanza en el establecimiento del Sr. Gustavo Páez (27° 0' 36.34" latitud sur y 61° 43' 54.06" longitud oeste).

Fecha: 06/08/2015

Reconocedores: Guillermo Schulz, Laura Mas y Andrea Avalos

A 0-18 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco; gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos fuertes; muy duro en seco, muy firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; pH neutro; límite gradual y suave.

Btss1 18-41 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas gruesos moderados que rompen en bloques angulares gruesos moderados; muy duro en seco, friable en húmedo, plástico y adhesivo en mojado; escasas concreciones de Fe-Mn de 5 mm de diámetro; barnices muy abundantes; escasos slickensides; pH neutro; límite gradual y suave.

Btss2 41-59 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas gruesos moderados que rompen en bloques angulares medios moderados; duro en seco, friable en húmedo, plástico y adhesivo en mojado; abundantes concreciones de Fe-Mn de 10 mm de diámetro; barnices abundantes; escasos slickensides; pH neutro; límite gradual y ondulado.

BCk 59-88 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos moderados; duro en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico y adhesivo en mojado; ligeramente alcalino; escasas concreciones calcáreas de 3 mm de diámetro; límite claro y suave.

2Ck 88-140+ cm; pardo muy pálido (10YR 7/3) en seco; pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco, suelto en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; moderadamente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; abundantes concreciones calcáreas de 40 mm de diámetro.



Perfil representativo nº 34



Paisaje representativo nº 34

Datos analíticos del perfil típico n° 34

Horizonte	Ap	Btss1	Btss2	Bck	2Ck
Profundidad (cm)	0-18	18-41	41-59	59-88	88-140+
C %	1,62	0,69	0,35	0,19	0,13
MO %	2,79	1,19	0,6	0,33	0,22
N %	0,14	0,07	0,04	–	–
C/N	11,6	9,9	8,8	–	–
Fósforo extractable (ppm)	23,7	5,1	4,6	3,9	5,2
Arcilla (< 2 µ)	38,9	47,4	42,98	31,29	21,8
Limo fino (2 - 20 µ)	39,1	29,2	29,42	37,41	40,5
Limo Total (2 - 50 µ)	55,9	49,2	51,43	60,86	62,7
Arena muy fina (50 -100 µ)	4	2,5	4,2	6,4	12,2
Arena fina (100-250 µ)	0,8	0,6	1	1,1	2,2
Arena media (250 -500 µ)	0,3	0,2	0,2	0,2	0,6
Arena gruesa (500-1000 µ)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3
Arena muy gruesa (1000-2000 µ)	0	0	0	0	0,2
Clasificación Textural	Franco arcillo limoso	Arcillo limoso	Arcillo limoso	Franco arcillo limoso	Franco limoso
CaCO3 (%)	0	0	0	0	4,4
Cond. Eléct. (mS/cm)	0,69	0,64	0,79	0,71	0,68
pH en H2O (1:2,5)	7,09	7,02	7,12	7,41	8,35
pH en 1 M KCl (1:2,5)	6,09	5,7	5,73	6,42	7,19
pH en 0,01 M CaCl2 (1:2,5)	6,49	6,34	6,34	6,66	7,35
CIC (cmol _e /kg)	24,8	30,4	28,7	24,4	24,6
Ca ++ (cmol _e /kg)	15,1	19,8	18,7	15,1	–
Mg ++ (cmol _e /kg)	3,1	4,1	3,9	4,2	5,2
Na + (cmol _e /kg)	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
K + (cmol _e /kg)	3,7	3	2,8	2,6	3
PSI (%)	2,4	2	2,1	2,9	3,7
Valor S (cmol _e /kg)	22,5	27,5	26	22,6	–
V (%)	90,7	90,5	90,6	92,6	–
CC (% grav.)	30,23	32,33	–	–	31,76
PMP (% grav.)	13,26	18,22	–	–	17,37
Dap (gr/cm3)	1,28	1,41	–	–	1,23

Argiustol típico, familia limosa-gruesa, hipertérmica

Esta serie corresponde a suelos que se reconocen en pendientes que se localizan en el noreste del área relevada. Son suelos bien desarrollados, moderadamente a bien drenados, con permeabilidad moderadamente lenta a moderada, que evolucionaron a partir de un sedimento arcillo-limoso en superficie a franco-limoso en profundidad. El perfil representativo posee grietas de 4-5 mm de espesor que se extienden desde la superficie hasta el horizonte BC. Este suelo posee un horizonte superficial Ap de 13 cm de espesor, bien provisto de materia orgánica y ligeramente alcalino. A continuación aparece un horizonte Bt fuertemente estructurado y ligeramente alcalino que llega hasta los 26 cm. Se reconoce entonces el horizonte BC, de 14 cm de espesor, de reacción moderadamente alcalina. Posteriormente se diferencian tres horizontes C sucesivos, de los cuales los dos últimos presentan contenidos variables de carbonatos libres con reacción fuertemente alcalina.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 5.4 km al NNO de la cantera La Esperanza en el establecimiento Don Constante (26° 59' 56.75" latitud sur y 61° 44' 8.88" longitud oeste).

Fecha: 05/08/2015

Reconocedores: Lucas Moretti y Laura Mas

Ap 0-13 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos fuertes; muy duro es seco, friable en húmedo; ligeramente plástico, no adhesivo en mojado; pH ligeramente alcalino; límite claro y suave.

Bt 13-26 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios fuertes; muy duro es seco, muy friable en húmedo; plástico y ligeramente adhesivo en mojado; barnices escasos; ligeramente alcalino; límite claro y suave.

BC 26-40 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; ligeramente duro en seco; muy friable en húmedo; ligeramente plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; límite claro y suave.

C 40-74 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo (10YR 5/3) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; blando en seco; suelto en húmedo; ligeramente plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; límite claro y suave.

Ck1 74-97 cm; pardo muy pálido (10YR 7/3) en seco; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; no plástico y no adhesivo en mojado; fuertemente alcalino; moderada reacción de los carbonatos libres en la masa; límite claro y suave.

2Ck2 97-150+ cm; rosado (7,5YR 7/4) en seco; pardo fuerte (7,5YR 4/6) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; no plástico y no adhesivo en mojado; fuertemente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa.



Perfil representativo nº 16



Paisaje representativo nº 16

Datos analíticos del perfil típico n° 16

Horizonte	Ap	Bt	BC	C	Ck1	2Ck2
Profundidad (cm)	0-13	13-26	26-40	40-74	74-97	97-150+
C %	1,61	1,34	0,95	0,74	0,51	0,34
MO %	2,78	2,31	1,64	1,28	0,88	0,59
N %	0,16	0,14	0,1	0,07	0,04	0,03
C/N	10,1	9,6	9,5	10,6	12,8	11,3
Fósforo extractable (ppm)	33,2	21,2	32,8	24,2	6,7	9,5
Arcilla (< 2 µ)	40,9	39,3	24,1	13,2	9,1	24,4
Limo fino (2 - 20 µ)	32,2	36,6	46,4	51,3	37,22	32,94
Limo Total (2 - 50 µ)	54,3	57	71	82	75,6	70
Arena muy fina (50 -100 µ)	4	3,1	4,1	4	13,04	4,85
Arena fina (100-250 µ)	0,5	0,4	0,5	0,5	0,42	0,02
Arena media (250 -500 µ)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,21	0,08
Arena gruesa (500-1000 µ)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,24	0,17
Arena muy gruesa (1000-2000 µ)	0	0	0	0	1,39	0,44
Clasificación Textural	Arcillo limoso	Franco arcillo limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
CaCO ₃ (%)	0	0	0,5	0,7	3,3	5,4
Cond. Eléct. (mS/cm)	0,71	0,63	0,81	0,96	0,55	0,69
pH en H ₂ O (1:2,5)	7,56	7,64	7,87	8,41	8,64	8,93
pH en 1 M KCl (1:2,5)	6,72	6,52	6,61	7,31	7,63	7,52
pH en 0,01 M CaCl ₂ (1:2,5)	6,83	6,9	7,02	7,6	7,85	7,92
CIC (cmol _e /kg)	28,9	30,5	30,2	28,2	26,2	25,4
Ca ++ (cmol _e /kg)	16,9	18,1	–	–	–	–
Mg ++ (cmol _e /kg)	4	4,2	4,1	4,3	4,5	5,4
Na + (cmol _e /kg)	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	1,1
K + (cmol _e /kg)	4	3,4	2,6	2,5	3,1	2,8
PSI (%)	1	0,7	1	1,1	2,3	4,3
Valor S (cmol _e /kg)	25,2	25,9	–	–	–	–
V (%)	87,2	84,9	–	–	–	–
CC (% grav.)	33,03	35,25	36,48	33,57	29,27	28,83
PMP (% grav.)	16,74	18,22	15,59	16,24	15,28	16,38
Dap (gr/cm ³)	1,23	0,85	0,99	0,98	1,03	0,92

Haplustol típico, familia franca-gruesa, hipertérmica

El perfil representativo de la Serie se caracteriza por un débil desarrollo de horizontes genéticos y por una sucesión de horizontes en discontinuidad (Ap-2Bw-2BC-3Ck-4Btkb), lo que resulta evidente en la revisión de los datos granulométricos. Posee permeabilidad moderada a lenta y drenaje moderado a bueno. El suelo presenta un horizonte Ap bien provisto de materia orgánica y con elevado porcentaje de arcilla. Posteriormente, se reconoce un horizonte 2Bw de 21 cm de espesor, moderadamente alcalino. La secuencia continúa con un horizonte transicional 2BC y un 3Ck con abundantes carbonatos libres en la masa y escasas concreciones, ambos con pH moderadamente alcalino. Finalmente fue descrito a partir de los 125 cm de profundidad un horizonte 4Btkb muy fuertemente alcalino: se trata de una discontinuidad litológica y pedológica constatada principalmente por el cambio en su granulometría, estructura y rasgos pedogenéticos. Se observan crotovinas en todo el perfil.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 4.9 km al sur de la cantera La Esperanza en el establecimiento Santa Rita (27° 5' 18.79" latitud sur y 61° 42' 46.98" longitud oeste).

Fecha: 05/08/2015

Reconocedores: Lucas Moretti y Lidia Vizgarra

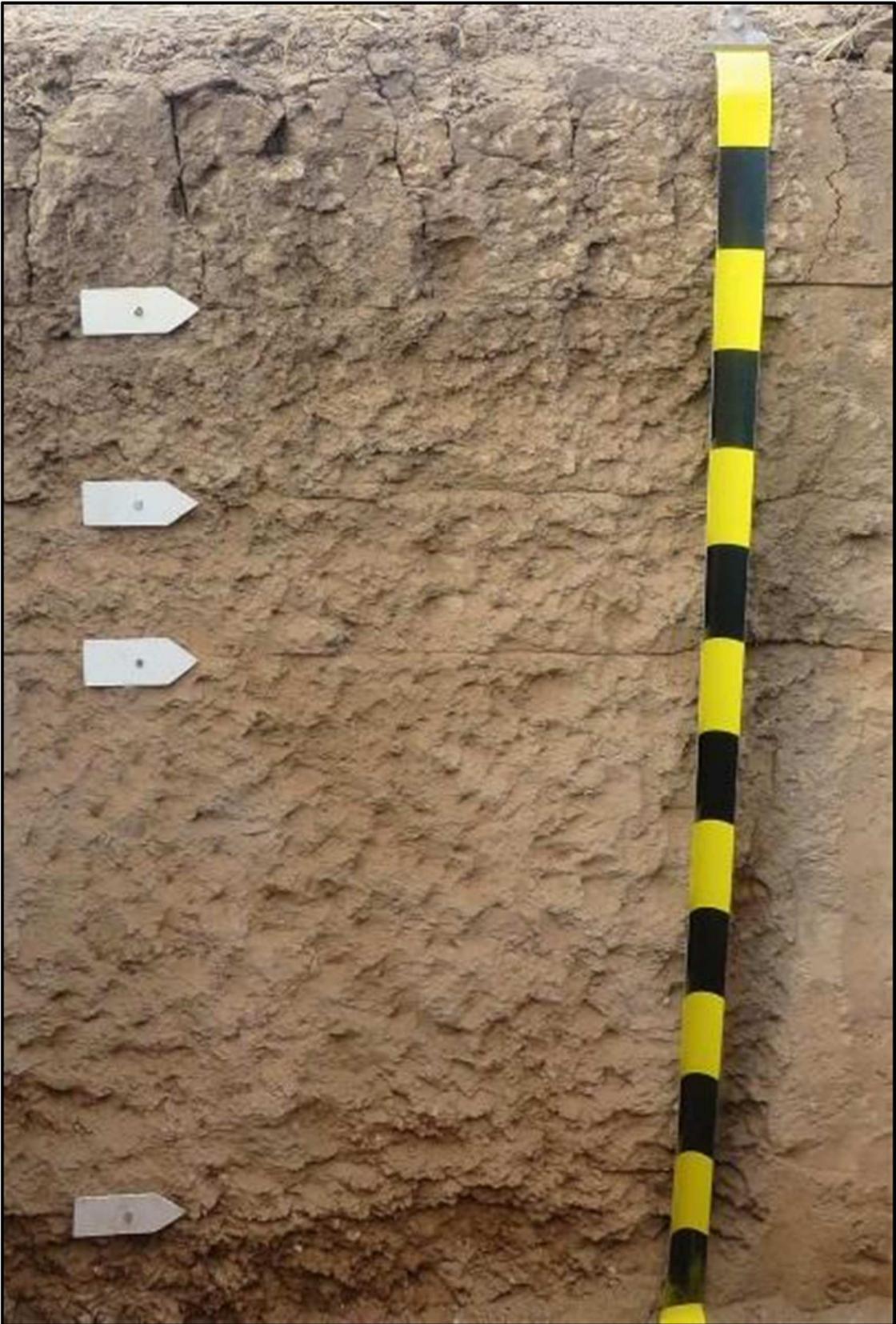
Ap 0-24 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos fuertes; muy duro en seco; friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo en mojado; presencia de grietas de 4 mm de espesor; pH ligeramente alcalino; límite claro y suave.

2Bw 24-45 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; ligeramente duro en seco; muy friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; límite claro y suave.

2BC 45-62 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios débiles; blando en seco; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; límite claro y suave.

3Ck 62-125 cm; pardo muy pálido (10YR 7/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; escasas concreciones calcáreas.

4Btkb 125-150+ cm; pardo muy pálido (10YR 7/4) en seco; pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; ligeramente duro en seco; plástico y ligeramente adhesivo en mojado; muy fuertemente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; abundantes concreciones calcáreas; barnices abundantes.



Perfil representativo nº 73



Paisaje representativo nº 73

Datos analíticos del perfil típico n° 73

Horizonte	Ap	2Bw	2BC	3Ck	4Btkb
Profundidad (cm)	0-24	24-45	45-62	62-125	125-140+
C %	1,8	0,73	0,3	0,18	0,11
MO %	3,1	1,26	0,52	0,31	0,19
N %	0,2	0,08	–	–	–
C/N	9	9,1	–	–	–
Fósforo extractable (ppm)	38	47,9	50,2	11,4	1,7
Arcilla (< 2 μ)	36,2	24,4	19,7	11,3	34,4
Limo fino (2 - 20 μ)	50,9	51,6	48	52,1	33,9
Limo Total (2 - 50 μ)	60,4	72,2	75,5	61,6	50,8
Arena muy fina (50 -100 μ)	2,9	3	4,3	24,6	5,6
Arena fina (100-250 μ)	0,4	0,3	0,4	2,2	3
Arena media (250 -500 μ)	0	0,1	0,1	0,2	2,2
Arena gruesa (500-1000 μ)	0,1	0,1	0	0,1	3,6
Arena muy gruesa (1000-2000 μ)	0	0	0	0	0,4
Clasificación Textural	Franco arcillo limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco arcillo limoso
CaCO ₃ (%)	0	0,3	0,4	2,3	5,5
Cond. Eléct. (mS/cm)	0,71	0,92	0,76	0,83	0,8
pH en H ₂ O (1:2,5)	7,38	7,88	7,99	8,42	9,24
pH en 1 M KCl (1:2,5)	6,29	6,72	6,73	7,43	8,06
pH en 0,01 M CaCl ₂ (1:2,5)	6,43	6,89	6,89	7,55	8,26
CIC (cmol _e /kg)	27,8	31,1	29,6	26,4	33,6
Ca ++ (cmol _e /kg)	19,1	–	–	–	–
Mg ++ (cmol _e /kg)	3,9	4,2	4,4	5,6	4,7
Na + (cmol _e /kg)	0,3	0,3	0,4	0,6	6,4
K + (cmol _e /kg)	4	3,9	3,9	3,2	3,5
PSI (%)	1,2	0,9	1,5	2,5	19
Valor S (cmol _e /kg)	27,4	–	–	–	–
V (%)	98,5	–	–	–	–
CC (% grav.)	33,57	33,31	32,98	31,45	35,14
PMP (% grav.)	20,12	18,41	20,58	16,41	16,51
Dap (gr/cm ³)	1,08	1,08	1,13	1,19	1,13

Calciustert petrocálcico, familia fina, hipertérmica

La Serie Pago Salvaje consiste en un grupo de suelos bien desarrollados, con permeabilidad moderadamente lenta y moderadamente bien drenados, extendidos en planicies bajas y pendientes en el sector norte del área mapeada. Estos suelos se caracterizan por presentar texturas que varían de franco arcillo limoso en superficie a arcillo limoso en la base, con grietas de 3 mm de espesor desde la superficie hasta el horizonte Btss2. En superficie presentan un horizonte Ap de 12 cm de espesor con buena provisión de materia orgánica y ligeramente alcalino. Seguidamente aparece un horizonte Btss subdividido en Btss1 y Btss2 que se extiende hasta los 44 cm: ambos de textura fina, pH ligeramente alcalino y bien estructurados. El horizonte transicional BCK con el que continúa el perfil tiene 34 cm de espesor, es moderadamente alcalino, situación asociada a una fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa. A los 78 cm de profundidad aparece el horizonte Ck, fuertemente alcalino y con fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa. Finalmente, a los 99 cm se reconoce un horizonte Ckm.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 6.3 km al NNO de la cantera La Esperanza en el establecimiento Pago Salvaje (26° 59' 54.65" latitud sur y 61° 45' 7.34" longitud oeste).

Fecha: 05/08/2015

Reconocedores: Guillermo Schulz y Lidia Vizgarra

Ap 0-12 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco; negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios fuertes; muy duro en seco; firme en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; pH ligeramente alcalino; límite claro y suave.

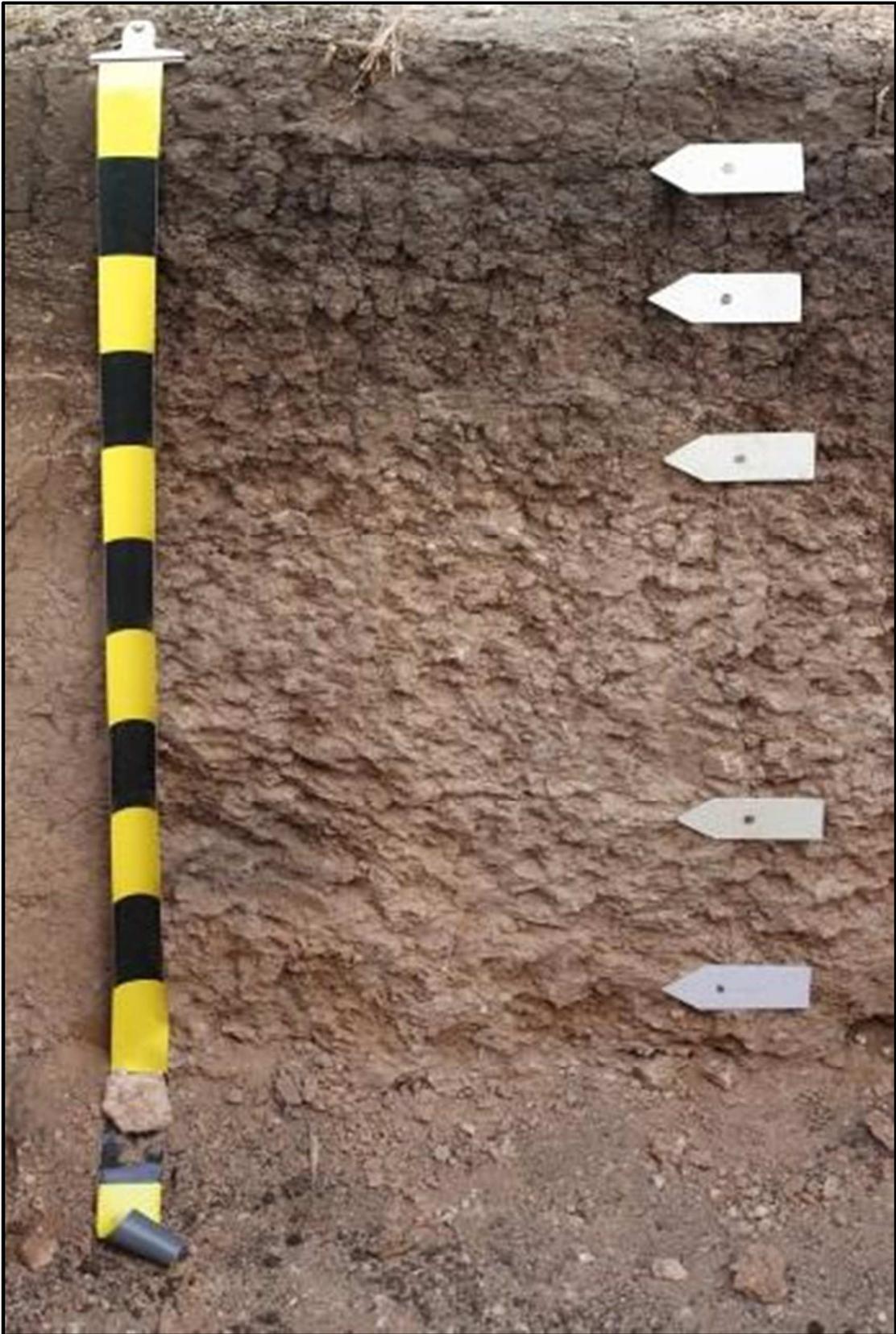
Btss1 12-25 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas que rompen a bloques angulares medios moderados; duro en seco; friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; pH ligeramente alcalino; barnices abundantes; escasos slickensides; límite claro y suave.

Btss2 25-44 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas que rompen en bloques angulares medios moderados; ligeramente duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; ligeramente alcalino; barnices y slickensides escasos; límite gradual y ondulado.

BCK 44-78 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; ligeramente plástico y adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; límite claro y suave.

Ck 78-99 cm; gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura masiva; plástico y adhesivo en mojado; fuertemente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; límite abrupto y suave.

Ckm 99+ cm.



Perfil representativo nº 29



Paisaje representativo nº 29

Datos analíticos del perfil típico n° 29

Horizonte	Ap	Bt1	Bt2	BCK	Ck
Profundidad (cm)	0-12	12-25	25-44	44-78	78-99
C %	1,85	1,41	0,85	0,41	0,37
MO %	3,19	2,43	1,47	0,71	0,64
N %	0,17	0,13	0,08	0,05	0,04
C/N	10,9	10,8	10,6	8,2	9,3
Fósforo extractable (ppm)	52,3	10,9	13,1	2,3	2,4
Arcilla (< 2 μ)	34,2	40,9	38,1	34,5	36,6
Limo fino (2 - 20 μ)	33,9	31,1	31,5	26	33,7
Limo Total (2 - 50 μ)	59,7	53,2	57,1	61,9	52,1
Arena muy fina (50 -100 μ)	4,7	4,6	3,6	2,6	7,9
Arena fina (100-250 μ)	1	0,9	0,6	0,4	2
Arena media (250 -500 μ)	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5
Arena gruesa (500-1000 μ)	0,2	0,2	0,2	0,1	0,5
Arena muy gruesa (1000-2000 μ)	0	0	0,1	0,2	0,4
Clasificación Textural	Franco arcillo limoso	Arcillo limoso	Franco arcillo limoso	Franco arcillo limoso	Franco arcillo limoso
CaCO3 (%)	0	0	0,4	21	23
Cond. Eléct. (mS/cm)	1,42	1,14	1,48	1,3	1,4
pH en H2O (1:2,5)	7,82	7,58	7,69	8,32	8,39
pH en 1 M KCl (1:2,5)	6,43	6,42	6,32	7,4	7,43
pH en 0,01 M CaCl2 (1:2,5)	6,92	6,96	6,99	7,7	7,73
CIC (cmol _e /kg)	27,4	31,2	29,2	24,7	23,3
Ca ++ (cmol _e /kg)	17,9	24	22,2	–	–
Mg ++ (cmol _e /kg)	4,4	4	3,8	3,3	2
Na + (cmol _e /kg)	0,4	0,3	0,4	0,6	0,6
K + (cmol _e /kg)	4,6	2,8	2,2	1,8	2,1
PSI (%)	1,5	1	1,4	2,4	2,6
Valor S (cmol _e /kg)	27,3	31,1	28,6	–	–
V (%)	99,6	99,8	98	–	–
CC (% grav.)	32	31,26	–	–	32,3
PMP (% grav.)	15,02	38,9	–	–	36,73
Dap (gr/cm3)	1,23	1,16	–	–	1,16

Haplustert típico, familia fina, hipertérmica

Esta Serie está integrada por suelos que se localizan en sectores de pendientes en la subcuenca La Esperanza. El perfil modal de este suelo se encuentra bien desarrollado, con grietas de 10 mm de espesor que se extienden desde la superficie hasta el horizonte Btss3. Se trata de un perfil que presenta textura arcillo limosa en superficie a franco limosa en profundidad. Posee drenaje imperfecto a bueno y permeabilidad lenta a moderada. El suelo posee un horizonte Ap de 16 cm de espesor, fuertemente alcalino y con buena provisión de materia orgánica. Seguidamente se describió un horizonte Btss de 42 cm de espesor, fuertemente estructurado y con pH neutro, que fue subdividido en Btss1, Btss2 y Btss3. El horizonte transicional Bck es ligeramente alcalino, con débil estructura. Continúa un horizonte Ck masivo, subdividido en Ck1 y Ck2, moderadamente alcalino. Los tres horizontes inferiores tienen fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa y concreciones calcáreas de 3 a 10 mm de diámetro.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 5.3 km al oeste de la cantera La Esperanza, en el establecimiento Santa Rita (27° 2' 41.32" latitud sur y 61° 46' 4.71" longitud oeste).

Fecha: 05/08/2015

Reconocedores: Guillermo Schulz y Laura Mas

Ap 0-16 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios fuertes; muy duro en seco; muy firme en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; pH fuertemente alcalino; los primeros 3 cm superficiales presentan estructura laminar; límite claro y suave.

Btss1 16-30 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas gruesos moderados que rompen en bloques angulares medios fuertes; duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; pH neutro; barnices muy abundantes; escasos slickensides; límite claro y suave.

Btss2 30-43 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas gruesos moderados que rompen en bloques angulares medios moderados; duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; pH neutro; barnices abundantes; escasos slickensides; límite gradual y suave.

Btss3 43-58 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas medios moderados que rompen en bloques angulares medios moderados; ligeramente duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; pH neutro; barnices y slickensides escasos; límite claro y suave.

Bck 58-74 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques gruesos débiles; ligeramente duro en seco; friable en húmedo; ligeramente plástico, no adhesivo en mojado; ligeramente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; escasas concreciones calcáreas de 3 mm de diámetro; límite claro y suave.

Ck1 74-117 cm; gris rosado (7.5YR 6/2) en seco; pardo (7.5YR 5/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; escasas concreciones calcáreas de 5 mm de diámetro; límite claro y suave.

Ck2 117-150+ cm; gris rosado (7.5YR 7/2) en seco; pardo (10YR 5/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente

adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; abundantes concreciones calcáreas de hasta 10 mm de diámetro.



Perfil representativo nº 53



Paisaje representativo nº 53

Datos analíticos del perfil típico n° 53

Horizonte	Ap	Btss1	Btss2	Btss3	BCK	Ck1	Ck2
Profundidad (cm)	0-16	16-30	30-43	43-58	58-74	74-117	117-150+
C %	1,58	0,83	0,57	0,43	0,26	0,2	0,14
MO %	2,72	1,43	0,98	0,74	0,45	0,34	0,24
N %	0,14	0,09	0,08	0,07	—	—	—
C/N	11,3	9,2	7,1	6,1	—	—	—
Fósforo extractable (ppm)	26,9	9,9	10,6	31,8	4,5	5,2	3,2
Arcilla (< 2 μ)	45,4	43	40,3	31,6	23,5	19,1	13,1
Limo fino (2 - 20 μ)	30	32,1	30,2	42,3	36,5	18,5	39,8
Limo Total (2 - 50 μ)	51,4	53,7	56,4	64,9	61,2	55,8	64,4
Arena muy fina (50 -100 μ)	2,6	2,3	2,4	2,9	13,1	19,1	16,2
Arena fina (100-250 μ)	0,4	0,5	0,4	0,4	1,6	4,6	4,1
Arena media (250 -500 μ)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,9	1,5
Arena gruesa (500-1000 μ)	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4
Arena muy gruesa (1000-2000 μ)	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,3
Clasificación Textural	Arcillo limoso	Arcillo limoso	Arcillo limoso	Franco arcillo limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
CaCO ₃ (%)	0	0,2	0,4	0,6	5,8	5,2	8,2
Cond. Eléct. (mS/cm)	0,8	0,55	0,62	0,67	0,65	0,78	0,69
pH en H ₂ O (1:2,5)	8,59	7,21	7,21	7,32	7,57	8,26	8,33
pH en 1 M KCl (1:2,5)	6,87	6,18	6,1	6,19	6,48	7,07	7,32
pH en 0,01 M CaCl ₂ (1:2,5)	7	6,2	6,27	6,29	6,62	7,26	7,48
CIC (cmol _e /kg)	27,3	29,6	30,1	32,1	29,4	26,4	25,9
Ca ++ (cmol _e /kg)	17,1	—	—	—	—	—	—
Mg ++ (cmol _e /kg)	4	3,8	3,7	3	2,3	4,9	6,6
Na + (cmol _e /kg)	0,5	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,6
K + (cmol _e /kg)	3,5	3,5	3,3	3,8	3,7	3,9	3,3
PSI (%)	1,8	1,4	1,7	1,7	0,9	1,6	2,3
Valor S (cmol _e /kg)	25,1	—	—	—	—	—	—
V (%)	91,9	—	—	—	—	—	—
CC (% grav.)	31,09	35,12	35,38	35,85	35,34	32,56	32,02
PMP (% grav.)	17,27	17,96	19,45	18,67	15,63	18,26	17,29
Dap (gr/cm ³)	1,11	1,27	1,08	1,16	1,08	1,04	1,22

Haplustalf incéptico, familia limosa-fina, hipertérmica

Esta Serie está compuesta por suelos bien desarrollados, que aparecen en los sectores altos de las pendientes suaves. El perfil seleccionado como representativo para esta Serie es moderadamente a bien drenado, con permeabilidad moderadamente lenta a moderada. Posee un horizonte Ap de 8 cm de espesor, ligeramente alcalino, con buena provisión de materia orgánica. Entre los 8 y los 29 cm aparece un horizonte argílico subdividido en Bt1 y Bt2, de textura arcillo limosa y reacción neutra a ligeramente alcalina. El horizonte transicional BC se extiende hasta los 45 cm, presenta textura franco limosa y pH moderadamente alcalino. A partir de esa profundidad aparecen los horizontes Ck1 y 2Ck2: ambos con estructura masiva, fuertemente alcalinos y con concreciones calcáreas de 10 a 15 mm de diámetro.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 9.4 km al NNO de la cantera La Esperanza en el establecimiento Campo Peralta (26° 58' 59.58" latitud sur y 61° 46' 48.27" longitud oeste).

Fecha: 05/08/2015

Reconocedores: Lucas Moretti, Guillermo Schulz, Lidia Vizgarra, Laura Mas y Andrea Avalos

Ap 0-8 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques medios fuertes; muy duro en seco; firme en húmedo; ligeramente plástico y adhesivo en mojado; pH neutro; límite claro y suave.

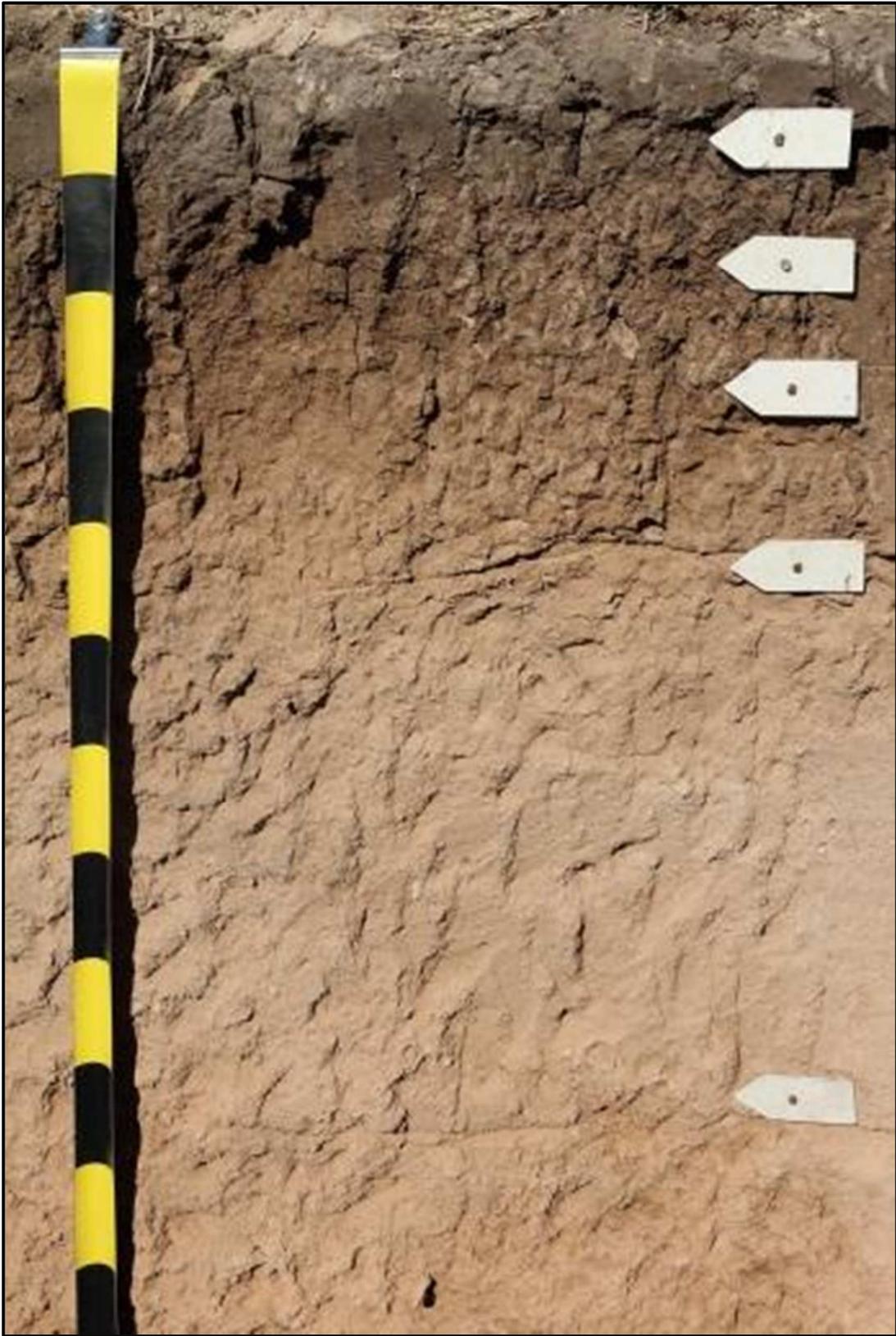
Bt1 8-18 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas gruesos fuertes que rompen en bloques angulares medios fuertes; duro en seco; firme en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; pH neutro; barnices abundantes; límite claro y suave.

Bt2 18-29 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura en prismas gruesos moderados que rompen en bloques angulares gruesos moderados; duro en seco; firme en húmedo; ligeramente plástico y adhesivo en mojado; ligeramente alcalino; barnices escasos; límite claro y suave.

BC 29-45 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; ligeramente duro en seco; friable en húmedo; ligeramente plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; límite claro y suave.

Ck1 45-97 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; fuertemente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; abundantes concreciones calcáreas de 10 mm de diámetro; límite claro y suave.

2Ck2 97-160+ cm; rosado (7,5YR 7/4) en seco; pardo fuerte (7,5YR 4/6) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; fuertemente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; abundantes concreciones calcáreas de 15 mm de diámetro.



Perfil representativo nº 21



Paisaje representativo nº 21

Datos analíticos del perfil típico n° 21

Horizonte	Ap	Bt1	Bt2	BC	Ck1	2Ck2
Profundidad (cm)	0-8	8-18	18-29	29-45	45-97	97-160+
C %	1,75	1,26	1,08	0,6	0,32	0,18
MO %	3,02	2,17	1,86	1,03	0,55	0,31
N %	0,15	0,14	0,12	0,07	0,04	–
C/N	11,7	9	9	8,6	8	–
Fósforo extractable (ppm)	52,7	47,8	49,9	51,7	10,2	3,4
Arcilla (< 2 µ)	39,7	42,4	42,1	22,1	14,6	37,9
Limo fino (2 - 20 µ)	35,8	34,8	33,7	46,9	33,2	39,9
Limo Total (2 - 50 µ)	54,1	51,8	52,7	68,8	69,2	59,7
Arena muy fina (50 -100 µ)	5,4	4,7	4,1	7,9	13,9	1,8
Arena fina (100-250 µ)	0,8	0,9	0,7	1,1	0,3	0
Arena media (250 -500 µ)	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Arena gruesa (500-1000 µ)	0	0	0	0,1	0,2	0,1
Arena muy gruesa (1000-2000 µ)	0	0	0,1	0	1,7	0,4
Clasificación Textural	Franco arcillo limoso	Arcillo limoso	Arcillo limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco arcillo limoso
CaCO3 (%)	0	0	0	1,9	2,9	7,6
Cond. Eléct. (mS/cm)	0,65	0,63	0,45	0,69	0,73	1,51
pH en H2O (1:2,5)	7,37	7,11	7,38	8,19	8,76	8,78
pH en 1 M KCl (1:2,5)	6,12	5,87	5,99	7,2	7,57	7,53
pH en 0,01 M CaCl2 (1:2,5)	6,48	6,33	6,54	7,49	7,95	7,92
CIC (cmol _e /kg)	26	29,7	28,2	26,3	23,4	22,6
Ca ++ (cmol _e /kg)	15	16,4	17,1	–	–	–
Mg ++ (cmol _e /kg)	4,5	4,2	4	4,2	3,5	4,9
Na + (cmol _e /kg)	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
K + (cmol _e /kg)	3,9	4	3,8	3,5	4,1	4
PSI (%)	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	1,3
Valor S (cmol _e /kg)	23,8	25,1	25,4	–	–	–
V (%)	91,5	84,5	90,1	–	–	–
CC (% grav.)	31,57	29,8	–	–	30,41	–
PMP (% grav.)	14,19	14,7	–	–	15,71	–
Dap (gr/cm ³)	1,28	1,33	–	–	1,13	–

Haplustol éntico, familia franca-gruesa, hipertérmica

Este suelo es representativo de la unidad geomorfológica denominada planicie suavemente ondulada, la cual ocupa la mayor superficie de área cartografiada. Presenta permeabilidad moderadamente lenta a moderada y drenaje moderado a bueno. El suelo posee un incipiente desarrollo de horizontes genéticos y está caracterizado por una sucesión de horizontes en discontinuidad (A-2AC-3C-4Ck1-5Ck2), lo que resulta evidente en la revisión de los datos granulométricos. Presenta un epipedón mólico y carece de otros horizontes y/o propiedades diagnósticas. El perfil representativo posee un potente horizonte Ap, de reacción neutra, bien provisto de materia orgánica y con elevado porcentaje de arcilla. A continuación aparece un horizonte 2AC ligeramente alcalino que se extiende hasta los 45 cm de profundidad. La secuencia continúa con un horizonte 3C y dos Ck (4Ck1 y 5Ck2) en los que se evidencia un aumento en la alcalinidad con carbonatos libres presentes en la masa del suelo junto con concreciones calcáreas.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 8.2 km al oeste de la cantera La Esperanza en el establecimiento Santa Rita (27° 1' 28,25" latitud sur y 61° 47' 39,25" longitud oeste).

Fecha: 04/08/2015

Reconocedores: Lucas Moretti, Lidia Vizgarra, Guillermo Schulz y Laura Mas

Ap 0-24 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios fuertes; muy duro en seco; firme en húmedo; plástico y ligeramente adhesivo en mojado; pH neutro; presencia de grietas de 3 mm de espesor, que cruzan el Ap; límite claro y suave.

2AC 24-45 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios débiles que tiende a masiva; blando en seco; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; ligeramente alcalino; límite claro y suave.

3C 45-66 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; suelto en seco; suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; débil reacción de los carbonatos libres en la masa en la base del horizonte; límite claro y suave.

4Ck1 66-95 cm; pardo muy pálido (10YR 7/3) en seco; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; blando en seco; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; escasas concreciones calcáreas de 2 mm de diámetro; límite claro y suave.

5Ck2 95-150+ cm; pardo rosado (7.5YR 7/2) en seco; pardo (10YR 5/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; blando en seco; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo en mojado; moderadamente alcalino; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa.



Perfil representativo nº 50



Paisaje representativo nº 50

Datos analíticos del perfil típico n° 50

Horizonte	Ap	2AC	3C	4Ck1	5Ck2
Profundidad (cm)	0-24	24-45	45-66	66-95	95-150+
C %	2,14	0,65	0,37	0,25	0,12
MO %	3,69	1,12	0,64	0,43	0,21
N %	0,24	0,08	0,04	–	–
C/N	8,9	8,1	9,3	–	–
Fósforo extractable (ppm)	119,2	92,9	84,7	43,3	4,1
Arcilla (< 2 μ)	38,3	12,2	9	6,7	11,3
Limo fino (2 - 20 μ)	30,1	37	35	42,3	38,4
Limo Total (2 - 50 μ)	56,2	75,8	69,1	51,7	66,5
Arena muy fina (50 -100 μ)	4,7	10,9	19,4	26,1	20,9
Arena fina (100-250 μ)	0,5	1	2,2	11,5	0,8
Arena media (250 -500 μ)	0,2	0,1	0,1	1,7	0,3
Arena gruesa (500-1000 μ)	0,1	0	0	1,4	0,1
Arena muy gruesa (1000-2000 μ)	0	0	0,1	0,9	0,1
Clasificación Textural	Franco arcillo limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
CaCO ₃ (%)	0	0,2	0,6	2,1	7,1
Cond. Eléct. (mS/cm)	0,7	0,53	0,51	0,55	0,57
pH en H ₂ O (1:2,5)	7,05	7,45	8,06	8,45	8,42
pH en 1 M KCl (1:2,5)	6,01	6,22	6,99	7,31	7,42
pH en 0,01 M CaCl ₂ (1:2,5)	6,34	6,76	7,15	7,7	7,67
CIC (cmol _e /kg)	27,7	26,9	24,6	24,4	21,6
Ca ++ (cmol _e /kg)	16,8	–	–	–	–
Mg ++ (cmol _e /kg)	3,6	3,3	4,2	4,5	5,5
Na + (cmol _e /kg)	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5
K + (cmol _e /kg)	3,8	2,2	2,7	3,2	3,6
PSI (%)	1,8	2,2	2,4	2,5	2,3
Valor S (cmol _e /kg)	24,7	–	–	–	–
V (%)	89,2	–	–	–	–
CC (% grav.)	31,16	32,56	29,98	30,7	33,07
PMP (% grav.)	17,32	14,71	11,57	12,47	13,61
Dap (gr/cm ³)	1,24	1,09	1,16	1,09	1,17

3.4. Composición de las Unidades Cartográficas de Suelos

En la Tabla nº 15 se presentan las unidades cartográficas de suelos.

Tabla nº 15. Guía de Unidades Cartográficas

SÍMBOLO CARTOGRÁFICO	COMPOSICIÓN Y TAXONOMÍA		%	PAISAJE (*)	POSICIÓN DE LOS SUELOS		SUPERFICIE	
							ha	%
Con. SRI	Consociación Santa Rita	Santa Rita (Haplustol éntico)	80	Planicie suavemente ondulada	Lomas	Depresiones	6076.8	54.0
		Los Socios (Haplustol típico)	20					
Aso. Pa	Asociación Pardos	Pardos (Haplustert típico)	40	Pendiente suave	Pendientes	Pendientes altas	2894.5	25.7
		Peralta (Haplustalf incéptico)	40					
		La Naranjita (Argiustol típico, levemente erosionado)	20					
Con. LGu II	Consociación La Guasuncha II	La Guasuncha (Haplustert údico)	50	Plano bajo	Planos bajos	Pendientes	1476.8	13.1
		Pardos (Haplustert típico)	50					
Con. LGu I	Consociación La Guasuncha I	La Guasuncha (Haplustert údico)	90	Via de drenaje	Planicies de inundación	Vías de drenaje	357.3	3.2
		Doña Rosa (Endoacuert típico)	10					
Aso. LNa	Asociación La Naranjita	La Naranjita (Argiustol típico, levemente erosionado)	60	Planicie suavemente ondulada	Pendientes	Lomas y pendientes altas	310.1	2.8
		Peralta (Haplustalf incéptico)	40					
Con. PS	Consociación Pago Salvaje	Pago Salvaje (Calciustert petrocálico)	100	Pendiente suave	Pendientes y planos bajos		143.8	1.3
Total							11259.3	100.0

(*) Corresponde a la categoría "Forma del terreno" de acuerdo con el sistema de clasificación de geoformas de Zink (2012).

4. Evaluación de Tierras

4.1. Capacidad de Uso de las Tierras

La determinación de la Capacidad de Uso de los suelos fue realizada siguiendo el sistema desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (Klingebiel y Montgomery, 1961). Este sistema tiene una amplia difusión en nuestro país y es el sistema de clasificación más usado del mundo.

El sistema permite clasificar las unidades cartográficas de suelos de acuerdo a su capacidad para sostener tipos generales de uso, sin degradación o efectos significativos. Los fundamentos de la clasificación son la capacidad y las limitaciones permanentes. La capacidad se refiere al potencial de la tierra para un uso predeterminado mientras que las limitaciones permanentes hacen referencia a aquellas condiciones permanentes que restringen la capacidad de producción tanto edáficas como climáticas. Dichas limitaciones no pueden ser eliminadas con mejoras de menor cuantía (Irigoin, 2011).

Se realizó la clasificación de los suelos por su capacidad de uso según las categorías de clases y subclases:

Clase: ubica a todos los suelos en ocho clases de capacidad de uso. Los riesgos de que ocurra un daño al suelo, o las limitaciones para su uso, aumentan progresivamente de la clase I a la clase VIII. Las primeras cuatro clases incluyen tierras aptas para el cultivo. Las tierras de clase I necesitan poco o ningún tratamiento de manejo o conservación especial. Las de clases II, III y IV requieren mayores grados de cuidado y protección relacionados con los peligros crecientes. Los suelos de las clases V, VI y VII son capaces de producir vegetación natural adaptada y requieren cuidados progresivamente más intensos, aun cuando se usen para pastoreo o forestación. Finalmente en la clase VIII se incluyen los suelos que por la magnitud de sus limitaciones no tienen aplicación agrícola ni ganadera, sólo se destinan a recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua, fines estéticos, etcétera (Musto y Pittaluga, 1980).

I: Los suelos de esta clase tienen pocas limitaciones de uso. Son aptos para producir una amplia variedad de plantas, pudiendo ser usados, con mínimo riesgo, para cultivos labrados y pasturas, como campos naturales de pastoreo, y para forestación y recreo.

II: Los suelos de esta clase tienen algunas limitaciones en cuanto a la elección de plantas, o requieren moderadas prácticas de conservación de fácil aplicación. Pueden ser utilizados para cultivos labrados, pasturas, campos naturales de pastoreo, forestación, para la conservación de la fauna silvestre.

III: Los suelos de esta clase presentan severas limitaciones que restringen la elección de las plantas de cultivo y/ o requieren prácticas especiales de conservación. Los suelos de la clase III tienen más restricciones que los de la clase II, y cuando se los usa para cultivos labrados, requieren generalmente prácticas de conservación más difíciles de aplicar y mantener. Son aptos para cultivos, pasturas, como campo natural de pastoreo, forestación y recreación. Las limitaciones para el área de estudio resultan del efecto combinado de:

- alta susceptibilidad de la erosión hídrica o eólica, o graves efectos adversos de una erosión anterior;
- condiciones climáticas moderadamente adversas.

IV: Los suelos de esta categoría tienen limitaciones muy severas que restringen en gran medida la elección de cultivos, requieren un manejo muy cuidadoso, o ambas cosas a la vez. Las restricciones para el uso de estos suelos son mayores que para los de la clase III y la elección de plantas se halla más limitada. Cuando son cultivados, requieren un manejo más cuidadoso y las prácticas de conservación son más difíciles de aplicar y mantener. Estos suelos pueden ser

utilizados para cultivos labrados, para pasturas, como campos naturales de pastoreo, para forestación o para conservación de la fauna silvestre.

Los suelos de la clase IV pueden estar adaptados a solo dos o tres cultivos comunes. Los rendimientos medios de cosecha son escasos en relación a los costos de producción. En el área de estudio, el uso para cultivos labrados se halla limitado como consecuencia de una o más de las siguientes características permanentes:

- gran susceptibilidad a la erosión hídrica o eólica;
- humedad excesiva, con permanente peligro de estancamiento de agua después de la instalación de obras de avenamiento;
- factores climáticos moderadamente adversos.

V: Los suelos de esta clase presentan poco o ningún peligro de erosión, pero presentan otras limitaciones no corregibles, que restringen su uso a la producción de pasturas y árboles forestales, pudiendo también ser aprovechados como campos naturales de pastoreo o para la conservación de la fauna silvestre. Ocupan terrenos casi llanos, pero contienen excesiva humedad, sufren frecuentes inundaciones por cursos de agua, son pedregosos, ofrecen limitaciones climáticas.

VI: Suelos que presentan graves limitaciones (pronunciada pendiente pedregosidad, aridez, exceso de humedad, alcalinidad sódica, salinidad, etcétera) que los hacen generalmente ineptos para cultivos, por lo que su uso queda restringido en gran parte a pasturas adaptadas a las limitaciones, campo natural de pastoreo, forestación o conservación de la fauna silvestre.

VII: Los suelos de esta clase presentan limitaciones (muy pronunciada pendiente, pedregosidad, aridez, exceso de humedad, alcalinidad sódica, salinidad, etcétera) muy graves que los hacen inadecuados para el cultivo y su uso queda reducido casi exclusivamente al pastoreo, forestación o conservación de la fauna silvestre. Las condiciones físicas de los suelos son tales que no justifica aplicar mejoras (siembras, fertilización y medidas de control de agua, es decir, surcos en contorno, zanjas, canales derivadores, etc.) a las pasturas y campos naturales de pastoreo.

VIII: Los suelos y terrenos de esta clase presentan tales limitaciones que resulta imposible su uso para la producción comercial de plantas y restringen su aprovechamiento a la recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua o fines estéticos.

Subclase: corresponde al segundo nivel de clasificación y hace referencia al tipo de limitación o riesgo. Se reconocen cuatro tipos de limitaciones o riesgos:

- Riesgo de erosión (e): se halla integrada por suelos en los que la susceptibilidad o el riesgo de erosión es el problema dominante. Susceptibilidad de erosión y daños producidos por una erosión anterior, son los factores dominantes para ubicar suelos en esta subclase.

- Exceso de humedad (w): está formada por suelos donde el exceso de agua es el riesgo o la limitación de uso dominante. Los suelos con drenaje deficiente, exceso de humedad; capa de agua próxima a la superficie o sujetos a inundaciones, son los que integran esta subclase.

- Limitaciones propias del suelo en la zona de actividad radical (s): en esta subclase se incluyen los suelos que tienen limitaciones en la capa de actividad de las raíces. Estas limitaciones son el resultado de la incidencia de factores tales como suelos someros, piedras, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad difícil de corregir y salinidad o alcalinidad sódica.

- Limitaciones climáticas (c): está formada por suelos donde el clima (temperatura y falta de humedad) es el único riesgo o limitación para su uso. (Especialmente en suelos jóvenes, tales

como suelos aluviales, aunque no exclusivamente, fases climáticas de las series de suelos deben ser establecidas para un adecuado agrupamiento dentro de unidades de capacidad o dentro de otro tipo de agrupamientos interpretativos. Puesto que los efectos resultan de interacciones entre suelo y clima, tales fases climáticas no son definidas de igual manera en términos de precipitación, temperatura, etc. para clases contrastantes de suelos).

Excepto la clase I, el resto admite una o dos de las cuatro subclases definidas en el sistema utilizado y que se designan agregando las letras minúsculas “e”, “w”, “s” y “c” a continuación del número de la clase, en función del tipo dominante de limitación o riesgo.

Cuando se procede a practicar un agrupamiento de suelos por su capacidad de uso o aptitud, es necesario presuponer que:

- Se consideran cualidades y características permanentes del suelo como ser la pendiente, la textura, la profundidad, los efectos de la erosión anterior, la permeabilidad, la capacidad de retención del agua, el tipo de arcilla y muchas otras más. Se consideran características no permanentes los arbustos, árboles, cepas, etc.
- La similitud de los suelos de una misma clase de capacidad de uso, se refiere únicamente al grado de la limitación para su uso agrícola o al riesgo a que se hallan expuestos cuando son utilizados.
- La clasificación por capacidad no es una valoración de los suelos en función de su productividad para determinados cultivos.
- Debe presuponerse un nivel de manejo moderadamente elevado, ajustado a la aptitud de la mayoría de los productores agropecuarios del lugar. La clasificación de capacidad no consiste en el agrupamiento de suelos de acuerdo con su aprovechamiento más remunerativo.
- No se consideran limitaciones permanentes para el uso del suelo la presencia de excedentes de agua dentro o sobre el suelo, la escasez de agua para una adecuada producción de cultivos, la presencia de piedras, sales solubles o de sodio intercambiable o ambas situaciones, o el peligro de inundaciones, mientras se estime factible la eliminación de estas limitaciones.
- Los suelos, en los que es factible introducir mejoras mediante obras de drenaje, riego, remoción de piedras, eliminación de sales y sodio intercambiable, o mediante obras de defensa contra inundaciones, se clasifican de acuerdo con las limitaciones permanentes de su uso, y/o con los riesgos de daños al suelo, después de instaladas esas mejoras.
- La clasificación por aptitud de los suelos de una región puede sufrir cambios cuando, al ejecutarse grandes obras de recuperación o de desarrollo, se modifiquen permanentemente las limitaciones de uso o se reduzca el peligro o el riesgo de daño al suelo o a los cultivos durante un periodo de tiempo relativamente prolongado.
- Los agrupamientos por capacidad de uso pueden sufrir modificaciones a medida que se obtengan nuevas informaciones sobre el comportamiento y las propiedades de los suelos.
- No debe influir sobre el criterio para el agrupamiento de los suelos en clases de capacidad: la distancia a los mercados, tipos de caminos, tamaño y forma de las áreas que ocupa un suelo, su ubicación dentro del campo, capacidad y recursos de cada operario, o el tipo de tenencia de la tierra.
- Los suelos con limitaciones físicas tales, que exijan la producción y cosecha a mano de ciertos cultivos extensivos, no podrán ser colocados en las clases I, II, III y IV. Algunos de estos suelos necesitarán previamente obras de drenaje o la remoción de piedras, o ambas, para que pueda aplicarse algún tipo de maquinaria. Ello no significa que no puedan usarse equipos mecánicos en ciertos suelos pertenecientes a las clases V, VI y VII.

- Los suelos aptos para cultivos labrados también lo son para otros usos, como pasturas artificiales y campos naturales de pastoreo, forestación o vida silvestre. Algunos suelos no adecuados para cultivos labrados, son aptos para pasturas artificiales y campos naturales de pastoreo, forestación o vida silvestre; otros son aptos solamente para pasturas artificiales y campos naturales de pastoreo o vida silvestre; otros, en cambio, lo son sólo para forestación o vida silvestre; y unos pocos, exclusivamente para recreo, vida silvestre y protección de cuencas hidráulicas. Agrupamientos de suelos para pasturas artificiales, campos naturales de pastoreo, forestación o recreo y vida silvestre, pueden incluir más de una clase de aptitud. Por lo tanto, la interpretación de los suelos para estos fines requiere con frecuencia un sistema de agrupamiento especial, distinto del que se establece en esta clasificación por capacidad de uso.

La clasificación de Capacidad de Uso de las tierras para las unidades taxonómicas y cartográficas se observan en las Tablas nº 16 y 17, respectivamente.

Tabla nº 16. Clases y subclases de Capacidad de Uso para las Unidades taxonómicas

Serie	Calicata	Suelo	Clase y Subclase
Doña Rosa	27	Endoaquert ústico	IVew
La Guasuncha	34	Haplustert údico	IVwc
La Naranjita	16	Argiustol típico, levemente erosionado	IIIec
Los Socios	73	Haplustol típico	IIIec
Pago salvaje	29	Calciustert petrocálcico	IVes
Pardos	53	Haplustert típico	IVew
Peralta	21	Haplustalf incéptico	IIIec
Santa Rita	50	Haplustol éntico	IIIec

Tabla nº 17. Clases y subclases de Capacidad de Uso para las Unidades cartográficas

UC	Nombre UC	Capacidad de Uso
Con. LGu I	Consociación La Guasuncha I (90% La Guasuncha-10% D. Rosa)	90%. IVwc - 10% IVew
Con. SRi	Consociación Santa Rita (80% Santa Rita-20% Los Socios)	100% IIIec
Con. LGu II	Consociación La Guasuncha II (50% La Guasuncha-50% Pardos)	50% IVwc - 50% IVew
Aso. LNa	Asociación La Naranjita (60% La Naranjita-40% Peralta)	100% IIIec
Con. PS	Consociación Pago Salvaje (100% Pago Salvaje)	100% IVes
Aso. Pa	Asociación Pardos (40% Pardos-40% Peralta-20% La Naranjita)	60% IIIec - 40% IVew

4.2. Índices de Productividad (IP)

Los índices de productividad constituyen un sistema cuantitativo de evaluación de tierras. La metodología utilizada surge de la evaluación de las tierras de la República Argentina (Nakama y Sobral, 1987), desarrollada con el fin de proporcionar una base objetiva de las condiciones agroclimáticas que permita sustentar una valuación impositiva, en el proyecto PNUD Argentina 85/019 - Área Edafológica, a través del convenio entre la SAGyP de la Nación y el INTA.

Dicha metodología está basada en el sistema propuesto por J. Riquier "Un modelo matemático para el cálculo de la productividad en términos de parámetros de suelos y clima" (1972) y Riquier et al. (1970) "Un nuevo sistema de evaluación de suelos en términos de producción actual", a los que se le introdujeron modificaciones para lograr su adaptación a distintas condiciones ecológicas del país y al tipo y cantidad de información básica disponible.

Para la subcuenca La Esperanza en Santiago del Estero la fórmula paramétrica multiplicativa utilizada para el cálculo del Índice de Productividad Taxonómico (IPt) corresponde a la Región Chaco Pampeana Norte (II), Sub-Región "D" (SAGPyA – INTA, 1990) integrada por trece parámetros:

$$\text{IPt} = \text{H} \times \text{D} \times \text{Pe} \times \text{Ta} \times \text{Tb} \times \text{Sa} \times \text{Na} \times \text{MO} \times \text{T} \times \text{E} \times \text{E}' \times \text{HA} \times \text{I}$$

Donde:

H	=	Condición climática
D	=	Drenaje
Pe	=	Profundidad efectiva
Ta	=	Textura del horizonte superficial
Tb	=	Textura del horizonte subsuperficial
Sa	=	Salinidad
Na	=	Sodicidad
MO	=	Materia orgánica
T	=	Capacidad de intercambio catiónico
E	=	Erosión actual
E'	=	Erosión potencial
HA	=	Horizonte álbico (A2)
I	=	Peligro de inundación

Para el área de estudio el IP considera como cultivos de referencia el *algodón, girasol, sorgo, trigo, soja y el maíz*. El nivel tecnológico de manejo es medio a bajo; incluye el empleo de maquinarias, limitado uso de agroquímicos y semillas híbridas y casi nulo uso de fertilizantes.

Las variables que integran el índice están definidas conceptualmente según la publicación "Índice de productividad. Estudios para la implementación de la reforma impositiva agropecuaria. Proyecto P.N.U.D ARGENTINA 85/019 ÁREA EDAFOLÓGICA" (SAGPyA – INTA, 1990).

Condición climática (H)

La Condición climática (H) se determinó a partir del índice de humedad global de Thornthwaite (Im) y los regímenes de humedad edáfica (Van Wambeke y Scoppa, 1980).

El índice de humedad global (Im) es definido como el porcentaje de excesos (índice de humedad) menos el 60 % del porcentaje de falta de agua (índice de aridez), es decir:

$$I_m = I_h - [0,6 \cdot I_a]$$

Previamente al cálculo del Im se estimó los valores de Evapotranspiración Potencial (ETP) según Thornthwaite (1948) y Thornthwaite y Hare (1955) para el área en estudio. Dicho cálculo se realizó mediante la utilización de series históricas de precipitaciones mensuales (1990-2017) de la Estancia Los Gatos (*com. pers.*) y series históricas de temperatura (1950-2017) correspondientes a la EEA INTA Las Breñas.

En la Tabla nº 18 se muestra la estadística descriptiva de la serie histórica de precipitaciones mensuales de la Estancia Los Gatos.

Tabla nº 18. Estadística descriptiva de la serie histórica de precipitaciones mensuales de la Estancia Los Gatos

Variable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Media	130.5	115.2	104.7	104.8	25.0	10.5	4.3	11.8	24.1	67.6	110.8	137.7	847
Mediana	130.5	109.0	92.0	89.5	7.5	0.0	0.0	3.5	14.5	68.5	109.0	133.5	825
DE	76.8	63.2	56.8	88.2	33.8	19.3	11.2	18.1	27.8	38.3	63.9	76.5	206
Mínimo	10.0	7.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	10.0	543
Máximo	307.0	262.0	237.0	373.0	115.0	78.0	53.0	57.0	117.0	171.0	220.0	296.0	1328
CV	58.8	54.9	54.3	84.2	135.1	183.5	259.1	153.6	115.4	56.7	57.7	55.6	24

A continuación se presentan las estimaciones de la ETP mensual corregida (ETPcorr.), la corrección se realiza en los casos en que la temperatura sea inferior a los 26.5 °C (Tabla nº 19) según la latitud (27° S), el número de días del mes (d) y la insolación máxima del día (N).

$$ETP_{corr.} = ETP \times [(N/12) \cdot (d/30)]$$

La ETPcorr. media anual para el área de influencia de la subcuenca La Esperanza es de 1087.1 mm.

Tabla nº 19. ETP media mensual corregida para la subcuenca La Esperanza

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETP c (mm)	146.1	134.0	128.3	81.2	54.2	34.5	35.8	48.5	65.4	103.1	120.0	136.0

Posteriormente se realizó el balance hídrico seriado (BHS) mediante el método directo y con reserva en el suelo de 100 mm (considerado a Capacidad de Campo) para la obtención de los excesos y déficits promedios mensuales para el período de años analizados (Tabla nº 20). Este

balance se realizó utilizando una planilla de cálculo confeccionada por Hurtado R. y M. Fernández Long de la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, UBA.

Tabla nº 20. Promedio mensual de excesos y déficit hídrico

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Exc-Def	-11.8	-15.7	-23.6	1.3	-21.2	-16.4	-23.4	-30.8	-40.3	-37.4	-26.6	-16.6

Finalmente se calculó el Índice de humedad global de Thornthwaite (Im), el cual clasifica el clima según tipos de humedad. El Im se construye a partir de otros dos índices, el índice de humedad (Ih) y el índice de aridez (Ia).

El índice de humedad (Ih) se define como la sumatoria de los excesos de agua mensuales (Ex) en porcentaje respecto a la ETP anual, es decir:

$$Ih = 100 \cdot \sum_{x=1} Ex_i / ETP \text{ anual}$$

Ih = 0.1

El índice de aridez (Ia) se define como la sumatoria de los déficits de agua mensuales (F) en porcentaje respecto a la ETP anual, es decir:

$$Ia = 100 \cdot \sum_{x=1} F_i / ETP \text{ anual}$$

Ia = -24.2

Índice de humedad global (Im) = $Ih - (Ia \cdot 0,6) = 14.7$

La Tabla nº 21 muestra la clasificación del clima según el índice de humedad global (Im).

Tabla nº 21. Clasificación del clima según el tipo de humedad

TIPO	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN
E	Árido	$-40 \geq Im > -60$
D	Semiárido	$-20 \geq Im > -40$
C1	Seco subhúmedo	$0 \geq Im > -20$
C2	Subhúmedo	$20 \geq Im > 0$
B1	Húmedo	$40 \geq Im > 20$
B2		$60 \geq Im > 40$
B3		$80 \geq Im > 60$
B4		$100 \geq Im > 80$
A	Perhúmedo	$Im > 100$

Los valores obtenidos del índice de humedad global clasifican el área en un clima Subhúmedo (C₂) cuyo coeficiente H (condición climática) para el IP es de 0,9.

Drenaje (D)

El Drenaje (D) es una cualidad que hace referencia a la rapidez y facilidad con la que el agua se elimina del suelo. Se trata de una característica propia del perfil la cual se estima a partir observaciones y deducciones de la permeabilidad, el escurrimiento, el relieve y otras consideraciones ambientales.

Para aplicar este dato en la fórmula de IP se les asignó valores de 0 a 1, según la Tabla nº 22.

Tabla nº 22. Clases de drenaje del suelo

Clase de Drenaje	Valores
Bien drenado	1.0
Moderadamente bien drenado	0.9
Imperfectamente drenado	0.8
Algo excesivamente drenado	0.8
Pobremente drenado	0.5
Excesivamente drenado	0.5
Muy pobremente drenado	0.2

Profundidad efectiva (Pe)

La Profundidad efectiva (Pe) es una característica que hace referencia al espesor en cm del perfil de suelo hasta donde pueden explorar las raíces de la vegetación natural o los cultivos que se practican en la región o hasta un contacto lítico o paralítico, capa de agua freática, pan de arcilla, cambio de textura abrupto o cualquier otra característica química, excluyendo sales y sodio.

La profundidad efectiva representa el volumen de suelo donde la vegetación realiza la absorción de nutrientes, agua y los intercambios gaseosos.

La cuantificación de estas profundidades se realizó en un rango de 0 a 1, según la Tabla nº 23.

Tabla nº 23. Profundidad efectiva del suelo

Profundidad efectiva (cm)	Valores
> 100	1.0
100 - 75	0.8
75 - 50	0.6
50 - 25	0.4
< 25	0.2

Textura del horizonte superficial (Ta)

El análisis de los datos de Textura del horizonte superficial (Ta) se realizó considerando la granulometría del horizonte superficial del perfil del suelo. La influencia de la textura superficial se manifiesta en la facilidad de laboreo, susceptibilidad al planchado o encostramiento, retención de la humedad, germinación y enraizamiento de plántulas (Tabla nº 24).

Para el área de la subcuenca La Esperanza se considera régimen ústico, por lo que la tabla siguiente refleja estos valores.

Tabla nº 24. Textura del horizonte superficial. Régimen ústico

Textura superficial	Valores
Arenoso	0.6
Areno franco	0.6
Franco arenoso	0.8
Franco	1.0
Franco limoso	1.0
Limoso	0.9
Franco arcilloso	0.9
Franco arcillo limoso	0.9
Franco arcillo arenoso	0.9
Arcillo arenoso	0.9
Arcillo limoso	0.7
Arcilloso	0.7

Textura del horizonte sub-superficial (Tb)

En el caso de Textura del horizonte sub-superficial (Tb) se considera la composición granulométrica del horizonte sub-superficial, debido a su acción sobre la capacidad de retención de humedad del suelo y sobre el crecimiento radicular.

Un factor importante a tener en cuenta en el cálculo de IP para la zona de estudio es no solo el contenido de arcillas sino su grado de expansividad, relacionado al tipo de arcilla. La presencia de arcillas expandibles, afecta el movimiento del agua en el suelo por lo que influye directamente en el rendimiento de los cultivos y por lo tanto en el valor final del IP.

Los valores que se asignaron se detallan en la Tabla nº 25.

Tabla nº 25. Textura del horizonte sub-superficial. Régimen ústico

Textura sub-superficial	Valores
Arenoso	0.5
Areno franco	0.6
Franco arenoso	0.7
Franco	1.0
Franco limoso	1.0
Limoso	1.0
Franco arcilloso sin arcilla expandible	0.9
Franco arcilloso con arcilla expandible	0.8
Franco arcillo limoso sin arcilla expandible	1.0
Franco arcillo limoso con arcilla expandible	0.8
Franco arcillo arenoso	0.9
Arcillo arenoso	0.9
Arcillo limoso sin arcilla expandible	1.0
Arcillo limoso con arcilla expandible	0.9
Arcilloso sin arcilla expandible	0.8
Arcilloso con arcilla expandible	0.7

Salinidad (Sa)

La Salinidad (Sa) hace referencia al contenido de sales solubles hasta una profundidad de 75 cm de perfil. La cantidad de sales es medida de manera indirecta por la conductividad eléctrica, expresada en mS/cm, de una pasta de suelo saturada a 25°C.

Esta propiedad tiene un marcado efecto sobre los cultivos a través de la toxicidad de ciertos iones y el aumento de la presión osmótica de la solución del suelo, lo cual restringe el consumo de agua de las plantas. Los valores asignados se pueden observar en la Tabla nº 26.

Tabla nº 26. Grados de Salinidad del suelo

Grados de Salinidad (mS /cm)	Valores
> 15	0.4
15 - 8	0.6
8 - 4	0.8
< 4	1.0

Sodicidad (Na)

La Sodicidad (Na) considera el porcentaje de sodio de intercambio (PSI) en el perfil y la profundidad donde se registran estos valores (Tabla nº 27). El exceso de sodio en el suelo determina condiciones inadecuadas para el desarrollo de las plantas, ocasionando pH elevado, y altera las características físicas del perfil, causando la dispersión de la arcilla. Estas situaciones afectan negativamente la permeabilidad y el intercambio gaseoso del suelo.

Tabla nº 27. Porcentaje de Sodio de Intercambio (PSI)

PSI (%)	Valores
< 2% 0-20 cm y < 15% 20-50 cm	0.9
< 2% 0-20 cm y < 15% 51-100 cm	1.0
< 2% 0-20 cm y \geq 15% 20-50 cm	0.7
< 2% 0-20 cm y \geq 15% 51-100 cm	0.8
2-5% 0-20 y < 15% 20-50 cm	0.8
2-5% 0-20 y < 15% 51-100 cm	0.9
2-5% 0-20 y \geq 15% 20-50 cm	0.6
2-5% 0-20 y \geq 15% 51-100 cm	0.7
5-10% 0-20 cm y < 15% 20-50 cm	0.6
5-10% 0-20 cm y < 15% 51-100 cm	0.7
5-10% 0-20 cm y \geq 15% 20-50 cm	0.4
5-10% 0-20 cm y \geq 15% 51-100 cm	0.5
10-15% 0-20 cm y < 15% 20-50 cm	0.4
10-15% 0-20 cm y < 15% 51-100 cm	0.5
10-15% 0-20 cm y \geq 15% 20-50 cm	0.3
10-15% 0-20 cm y \geq 15% 51-100 cm	0.4
> 15% 0-20 cm y < 15% 20-50 cm	0.2
> 15% 0-20 cm y < 15% 51-100 cm	0.2
> 15% 0-20 cm y \geq 15% 20-50 cm	0.2
> 15% 0-20 cm y \geq 15% 51-100 cm	0.2

Materia orgánica (MO)

La característica Materia orgánica (MO) está referida al contenido en porcentaje de carbono orgánico oxidable presente en el horizonte superficial, multiplicado por el factor 1,724. La provisión de materia orgánica influye principalmente en la estabilidad estructural del suelo y en la intensidad

y calidad de los procesos biológicos que controlan la disponibilidad de nutrientes para los vegetales.

Los valores se asignaron según la Tabla nº 28.

Tabla nº 28. Materia orgánica del horizonte superficial

MO (%)	Valores
Mólico > 2 %	1.0
Mólico 1 - 2%	0.95
Ócrico > 1%	0.8
Ócrico < 1%	0.7
Úmbrico	0.85

Capacidad de intercambio catiónico (T)

La Capacidad de intercambio catiónico (T) es una propiedad que se presenta en los análisis de rutina de suelos expresadas como total de miliequivalentes de cationes adsorbidos en 100 gramos de suelo (valor T), actualmente se expresa internacionalmente como (cmol+/kg). La capacidad de intercambio catiónico tomada del horizonte subsuperficial está vinculada directamente a la reserva mineral del perfil y a la materia orgánica y en consecuencia a su fertilidad natural. Sus variaciones se deben, generalmente, al tipo de arcilla predominante.

Los valores se asignaron según la Tabla nº 29.

Tabla nº 29. Capacidad de Intercambio catiónico del horizonte subsuperficial

CIC (cmol_e/kg)	Valores
> 20	1.0
20-10	0.95
10-5	0.9
< 5	0.8

Erosión Hídrica Actual (Eh)

La característica Erosión Hídrica Actual (Eh) se presenta en los suelos debido al arrastre de las partículas provocado por el agua, la cual se incrementa cuando la cobertura vegetal no resulta suficiente para evitar el impacto directo de las gotas de lluvia.

El grado de erosión presente en un suelo aparece consignado en los relevamientos siguiendo las definiciones de las clases de erosión hídrica establecidas en las Normas de Reconocimiento de Suelos.

Los valores se asignaron según la Tabla nº 30.

Tabla nº 30. Grados de erosión hídrica actual

Grado	Valores
Mínima (sin pérdida del horizonte superficial)	1.0
Ligeramente erosionada	0.9
Moderadamente erosionada	0.7
Severamente erosionada	0.5
Gravemente erosionada	0.3
Muy gravemente erosionada	0.2
Deposición	0.3

Erosión Eólica Actual (Ee)

La Erosión Eólica Actual (Ee) no se considera para el área de la subcuenca La Esperanza, ya que no se observaron evidencias de la misma en los recorridos de campo. Sin embargo, en el caso de lotes recién desmontados y laboreados posteriormente con implementos que dejan la parte superficial del suelo muy refinada, se pueden llegar a observar “nubes de polvo” debido a la acción antrópica.

Erosión Hídrica Potencial (Eh´)

La Erosión Hídrica Potencial (Eh´) se define como la susceptibilidad del suelo a erosionarse en función de la precipitación y grado de la pendiente.

Los valores se asignaron según la Tabla nº 31.

Tabla nº 31. Grados de erosión hídrica potencial

Grado	Valores
Prácticamente no susceptible	1.0
Levemente susceptible	0.9
Moderadamente susceptible	0.7
Altamente susceptible	0.5
Posibilidad de deposición	0.3
Posibilidad de deposición y formación de cárcavas	0.2

Espesor del horizonte álbico (HA)

La Presencia y espesor del horizonte álbico (HA) se refiere a la aparición en el perfil del suelo de un horizonte lixiviado (A2), del que se consideran su espesor y la combinación con los

epipedones mólico u ócrico. En el área de estudio no se observó presencia de Horizontes álbicos, aunque si se presentan en la parte complementaria de la cuenca (sector de la Provincia del Chaco).

Los valores se asignaron según la Tabla nº 32.

Tabla nº 32. Presencia y espesor del horizonte álbico (A2)

Clase	Valores
Sin presencia de Horizonte A2	1.0
> 18 cm prof. y < 10 cm de espesor; Con Horizonte Mólico	0.95
> 18 cm prof. y >= 10 cm de espesor; Con Horizonte Mólico	0.9
<= 18 cm prof. y < 10 cm de espesor; Con Horizonte Mólico	0.85
<= 18 cm prof. y >= 10 cm de espesor; Con Horizonte Mólico	0.8
> 18 cm prof. y < 10 cm de espesor; Con Horizonte Ócrico	0.75
> 18 cm prof. y >= 10 cm de espesor; Con Horizonte Ócrico	0.7
<= 18 cm prof. y < 10 cm de espesor; Con Horizonte Ócrico	0.65
<= 18 cm prof. y >= 10 cm de espesor; Con Horizonte Ócrico	0.6

Anegamiento y/o inundación (I)

La cualidad Anegamiento y/o inundación (I) está referida al riesgo que puede tener un suelo de permanecer bajo agua cierto período de tiempo.

Los estudios de cartografía de suelos sistemáticos realizados contienen esta información siguiendo las definiciones previstas en las Normas citadas, las que están en función de la frecuencia e intensidad de las avenidas de agua por desbordes de ríos, canales, arroyos, lagunas, etc.

Los valores se asignaron según la Tabla nº 33.

Tabla nº 33. Peligro de anegamiento o inundación

Clase	Valores
Sin peligro de anegamiento o inundación	1.0
Muy poco anegable o inundable	0.95
Poco anegable o inundable	0.8
Anegable o inundable	0.5
Muy anegable o inundable	0.2

Finalmente, con los datos recopilados y clasificados de acuerdo a las tablas previamente expuestas, se procedió al cálculo del IP para cada unidad taxonómica de suelos conformando el Índice de productividad taxonómico (IPt) (Tabla nº 34). Posteriormente se obtuvo el IP cartográfico (IPc) (Tabla nº 35), mediante la ponderación de los valores de cada IPt, en función de la participación de los distintos suelos en la unidad cartográfica. En ambos índices la expresión del resultado es porcentual.

Los valores de IP para las unidades taxonómicas (IPt) variaron entre 14 y 59. El IP se interpreta como una proporción del rendimiento máximo potencial de los cultivos más comunes de una región, ecotípicamente adaptados, bajo un determinado nivel de manejo (Tasi y Schulz, 2008).

La evaluación de las tierras por el método de IP se realizó para la situación de los perfiles modales de suelos descritos en el área de estudio, asumiendo la incorporación de igual tecnología para todos los casos.

Tabla nº 34. Índices de Productividad de las Unidades Taxonómicas

Serie	H	D	Pe	Ta	Tb	Sa	PSI	Mo	T	Eh	Ee	Eh'	Ha	I	IPt
Doña Rosa	0,9	0,8	1,0	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	1,0	0,5	1,0	0,95	14
La Guasuncha	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	33
La Naranjita	0,9	0,9	1,0	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	29
Los Socios	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	59
Pago salvaje	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	0,5	1,0	1,0	18
Pardos	0,9	0,8	1,0	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,7	1,0	1,0	29
Peralta	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	59
Santa Rita	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	59

En la Tabla nº 35 se observan los valores de IPc. Los mismos variaron entre 18 y 59, en relación a la heterogeneidad de suelos presentes en el área (Schulz, et al., 2012).

Tabla nº 35. Índices de Productividad de las Unidades Cartográficas (IPc)

Símbolo	Nombre	IPc
Con. LGu I	Consociación La Guasuncha I	31
Con. SRi	Consociación Santa Rita	59
Con. LGu II	Consociación La Guasuncha II	31
Aso. LNa	Asociación La Naranjita	41
Con. PS	Consociación Pago Salvaje	18
Aso. Pa	Asociación Pardos	41

En el mapa anexo “Índices de Productividad Cartográficos” se pueden observar los diferentes rangos de IPc distribuidos espacialmente en el área de estudio.

En la Figura nº 25 se observa la distribución de frecuencia en rangos de IPt e IPc.

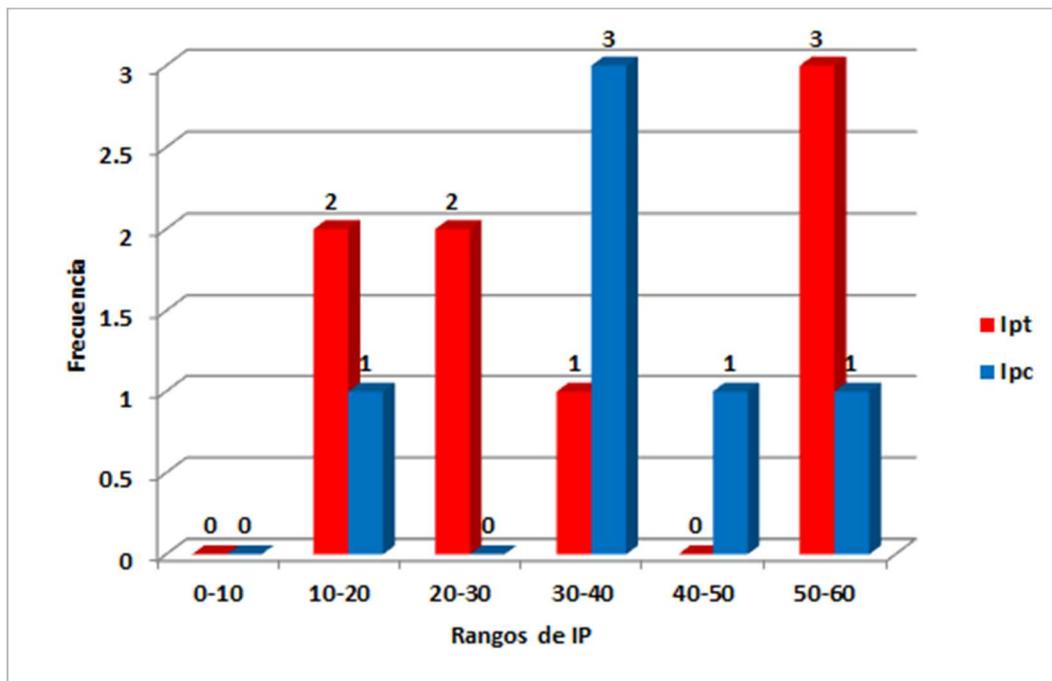


Figura nº 25. Distribución de frecuencias en rangos de IPt e IPc.

5. Glosario de Términos Edafológicos

A

A (horizonte A): ver *horizontes (del suelo)*.

Acidez (del suelo): ver *pH*.

Agregados (del suelo): ver *Estructura*.

Aluvial (suelo): suelo reciente, sin mayor desarrollo pedogenético y evolucionado en materiales arcillosos, limosos o arenosos depositados por un río o curso de agua reciente.

Antepaís: corresponde a una región localizada delante de una cadena montañosa y que está relacionada con ésta desde un punto de vista genético.

Arcilla/arcilloso(a): ver *Textura del suelo*.

Arena/arenoso(a): ver *Textura del suelo*.

Argílico: se trata de un horizonte generalmente subsuperficial que posee un porcentaje mayor de arcillas que el material de suelo subyacente y que muestra evidencias de iluviación de arcillas.

Asociación (de suelos): se refiere a un área integrada por dos o más suelos, insertos en un determinado patrón fisiográfico y que eventualmente se pueden separar a mayor escala.

B

B (horizonte B): ver *Horizontes (del suelo)*.

Balance hídrico: Relación entre la cantidad de agua de lluvia caída y las pérdidas de agua por evapotranspiración.

Barnices: películas brillosas, generalmente formadas por arcilla y/o componentes orgánicos y/o sesquióxidos, que suelen revestir los agregados de ciertos horizontes B.

Basamento cristalino: formación litológica constituida por rocas muy antiguas.

C

C (Horizonte C): ver *Horizontes (del suelo)*.

Cañada: sector bajo de un área con un cauce de agua temporal u ocasional.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): propiedad de ciertos componentes del suelo (arcilla, humus y, en mucho menor grado, limo) de retener cationes por adsorción e intercambiarlos; esta propiedad físico-química determina, entre otras cosas, la fertilidad del suelo (la capacidad se refiere al total de los cationes que un suelo puede adsorber).

Capacidad de campo: cantidad de agua que permanece en el suelo cuando, después de haber llegado el mismo al punto de saturación, se le ha permitido el libre drenaje.

Características vérticas: rasgos que tipifican a los Vertisoles y los subgrupos vérticos de otros órdenes y que consisten en la presencia de caras de fricción ("slickensides"), grietas en el perfil, y auto-inversión del perfil ("churning").

Caras de fricción (slickensides): superficies brillosas y estriadas características de horizontes subsuperficiales con arcillas expandibles, debido al deslizamiento de las caras de los agregados como consecuencia del hinchamiento y contracción del material por cambios en el estado de humedad.

Carbonatos: Son compuestos que generalmente derivan del material original o se forman por alteración de minerales presentes en dicho material. Pueden aparecer en forma de concreciones, como pseudomicelios o dispersos en la matriz del suelo.

Cárcava: zanja formada por la erosión hídrica, con una profundidad y/o anchura tal que no puede ser eliminada con el laboreo común.

Cenozoico: Era geológica que se inició hace unos 66 millones de años y que se extiende hasta la actualidad. Comprende los periodos Paleógeno, Neógeno y Cuaternario.

Clasificación de suelos: Ordenamiento de los suelos en categorías, en base a propiedades comunes. Permite adquirir un mayor conocimiento acerca de los suelos, entender e interpretar sus características y relaciones. Sus fundamentos son la morfología y la génesis.

Componente: cada una de las unidades taxonómicas integrantes de una Unidad Cartográfica.

Color (del suelo): indica el color del material según la notación Munsell, que designa los colores con un símbolo de acuerdo con 3 variables: "hue" o matiz, "chroma" o intensidad y "value" o luminosidad. Por ejemplo: 10YR 3/2 significa: "hue" 10YR, "value" 3 y "chroma" 2 y, según la tabla, corresponde al color "pardo grisáceo muy oscuro".

Concreciones: concentraciones sólidas de ciertos componentes químicos del suelo como por ejemplo carbonatos de calcio-magnesio o hierro-manganeso, y que toman el aspecto de nódulos, muy variables en forma, tamaño, color y dureza.

Conservación de suelos: protección del suelo contra pérdidas físicas debido a la erosión o degradación, ya sea por medios naturales o artificiales; se expresa por la combinación de todos los métodos de manejo y de uso que salvaguardan el suelo del agotamiento o del deterioro, ya sea natural o por factores inducidos por el hombre.

Crotovinas: marcas tubulares irregulares de material transportado de un horizonte a otro y causadas por el rellenado de túneles por animales de hábito subterráneo. En el perfil se observan como marcas redondeadas o elípticas de variados tamaños.

Cuaternario: es el último período geológico dentro del Cenozoico, que abarca las épocas Pleistoceno (2,58 millones de años a 11.700 años) y Holoceno (11.700 años hasta el presente).

Cuenca hidrográfica: es toda el área de terreno que contribuye al flujo de agua en un río o quebrada. También se conoce como el área de captación o área de terreno de donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano.

Cuneiforme: se refiere al "tipo" de estructura. Pueden observarse como poliedros o bloques en forma de cuña con caras aplanadas y vértices agudos, causadas generalmente por movimientos de expansión y contracción de arcillas expandibles.

D

Degradación (de suelos): proceso (o conjunto de procesos) que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la vida humana, y que se expresa(n) como cambios en las características del suelo y/o el terreno que afectan, directa o indirectamente, la calidad y cantidad de la tierra y su capacidad para producir alimento, fibra y madera; puede(n) deberse a causas naturales (geológicas, salinidad, etc.) o antrópicas (deforestación, erosión acelerada, sobrepastoreo, etc.) que se manifiestan por el desplazamiento de material del suelo (erosión) y/o por el deterioro (químico, físico o biológico) interno del suelo.

Discontinuidad (litológica): son cambios significativos en la distribución por tamaño de las partículas (granulometría) o en la mineralogía atribuibles al material original del suelo. Una discontinuidad litológica también puede ser debida a una diferencia de edad de los materiales que han dado origen a los horizontes.

Drenaje: rapidez y facilidad con que el agua se elimina del suelo, tanto por escurrimiento como por pasaje a través del perfil hacia las capas subterráneas.

E

Edáfico: perteneciente al suelo.

Edafología: Ciencia del suelo.

Eluvial (horizonte): horizonte formado por eluviación, que es el proceso de movimientos verticales o laterales de ciertos componentes del suelo en suspensión y/o solución en agua.

Eólico: se refiere a procesos y mecanismos desarrollados por el viento, del mismo modo se designa a sedimentos resultantes de su actividad, por ejemplo: loess.

Epipedón: horizonte diagnóstico que se encuentra casi siempre en la parte superficial del suelo y en el cual se concentra la materia orgánica y sus efectos o en el que han operado en cuantía variable procesos de eluviación, lixiviación o procesos de acumulación de materia orgánica.

Epipedón mólico: horizonte diagnóstico que reúne las características de: espesor, color, estructura, por ciento de saturación de bases de cambio y contenido de carbono orgánico.

Erosión: proceso exógeno que contribuye al desgaste del terreno.

Erosión hídrica: erosión causada por el agua de escorrentía.

Erosión hídrica (grados): intensidad de la erosión causada por el agua y que se expresa en la reducción sufrida por el perfil alterado respecto del normal (suelo sin erosión), de acuerdo a la siguiente escala:

Erosión leve o ligera: el perfil ha sufrido una pérdida de menos del 25 % de su horizonte superior; se observan escasos síntomas de arrastre en forma de canaliculos, siendo la erosión principalmente de tipo laminar.

Erosión moderada: el perfil ha sufrido una pérdida de entre 25 a 50 % de su horizonte superior; a la erosión laminar (si se observa) se añaden pequeñas vías de agua de muy poca profundidad (surcos, pequeñas cárcavas) que pueden ser borrados por la maquinaria convencional de labranza.

Erosión severa: el perfil ha sufrido una pérdida de más del 50 % de sus horizontes superficiales (la capa arable consiste esencialmente de material de los horizontes subyacentes al A); se observan cárcavas relativamente profundas (no pueden ser borradas por la labranza).

Escorrentía: parte del agua pluviométrica que no se evapora, deposita ni filtra sino que escurre por la superficie del terreno como agua superficial.

Escurrimiento: ver *Escorrentía*.

Estratigrafía: variabilidad vertical de los sedimentos dentro de una estructura geológica.

Estructura (del suelo): estado de agregación y ordenamiento de las distintas partículas sólidas en agregados. Una estructura masiva se refiere a una estructura sin agregados, cuando el horizonte forma una masa coherente.

Evapotranspiración: el total de humedad del suelo que pasa al aire por transpiración de las plantas y evaporación de la superficie del suelo.

Evapotranspiración potencial: corresponde a la de un cultivo abundante y bien provisto de agua, donde el consumo es sólo función del clima como factor limitante.

F

Falla/fallamiento: fractura de la corteza terrestre como resultado de fuerzas tectónicas, las cuales han originado una traslación horizontal, vertical y/u oblicua de un bloque geológico en relación a otro.

Fase: Unidad cartográfica que establece características importantes para el uso y manejo del suelo. Se pueden establecer fases de una serie de suelos por textura del horizonte superficial, pendiente, erosión, profundidad del suelo, espesor de horizontes, drenaje, anegabilidad, salinidad, etc.

Fertilidad: Cualidad de un suelo que le permite suministrar a las plantas elementos nutritivos esenciales para su subsistencia.

Franco: ver *Textura del suelo*.

Friable: calificativo adjudicado a los materiales poco consolidados y que se desmenuzan con facilidad.

G

Génesis: Proceso por el cual se originan y desarrollan los suelos, mediante la influencia de los factores formadores: clima, relieve, vegetación y tiempo sobre el material originario.

Geoforma: unidad componente de los "tipos de relieve", que constituye la expresión de un equilibrio dinámico de las fuerzas morfogenéticas de naturaleza múltiple, en perfecta evolución en el tiempo.

Geomorfología: es la ciencia que estudia la formación del relieve y su evolución en el tiempo.

Granulométrico (textura del suelo): método cuantitativo por el cual se determina distribución de los tamaños de las partículas en la composición de los suelos en laboratorio.

H

Hidromorfismo: proceso de formación de suelo bajo condiciones de exceso de humedad o con influencia del periódico ascenso de la capa freática. Los síntomas más comunes de hidromorfismo son: la presencia de moteados, barnices muy oscuros, colores neutros (grises) o verdosos o amarillentos en el material del suelo, concreciones de hierro-manganeso, etc. Suelos desarrollados en presencia de un exceso de agua, temporal o permanente.

Holoceno: es la última y actual época geológica del período Cuaternario. Se extiende desde los 11.700 años antes del presente a la actualidad.

Horizontes (del suelo): capas naturales del perfil del suelo, aproximadamente paralelas a la superficie, con rasgos distintivos en cuanto a composición y propiedades.

A: horizonte superior mineral con acumulación de materia orgánica.

E: horizonte mineral superficial o subsuperficial caracterizado por una pérdida intensa de componentes como arcilla, sesquióxidos y/o elementos orgánicos (horizonte de color claro).

AB, BA: horizontes de transición entre el A y el B.

B: horizonte subsuperficial donde se acumula la mayor parte de las sustancias desplazadas desde horizontes superiores.

BC: horizonte de transición entre el B y el C.

C: horizonte subsuperficial relativamente inalterado.

Horizontes diagnósticos: horizontes que se utilizan como criterios de diferenciación y clasificación de los suelos.

I

Iluvial (horizonte): horizonte formado por iluviación, que es un proceso de deposición de ciertos componentes del suelo, transportados por solución y/o suspensión en agua.

Infiltración: el movimiento descendente del agua a través del perfil del suelo.

L

Limitantes (factores): factores ambientales que limitan el crecimiento o reproducción de un individuo o comunidad.

Limos/limoso(a): ver *Textura del suelo*.

Lixiviación: proceso de desplazamiento de ciertos componentes del suelo en solución y/o suspensión (ver también *Eluvial* e *Iluvial*).

Lixiviado: horizonte A o E afectado por un proceso evidente de eluviación, de colores claros y partículas de arena y limo sueltas en la cara de los agregados.

Loess: sedimento de origen eólico (transportado y depositado por el viento), de textura predominantemente limosa.

M

Manejo: conjunto de prácticas integradas que conducen a obtener la máxima eficiencia productiva de una actividad a través del tiempo.

Material originario (material parental): sedimento, roca o substrato a partir del cual se ha originado un suelo.

Material eólico: material arrastrado y depositado por acción del viento.

Meteorización: procesos y mecanismos morfogenéticos de índole físico-mecánico, químico y bioquímico que originan modificación, transferencia y transformación de la materia que compone la parte expuesta de la litósfera.

Moteados: motas (manchas) de color diferente al de la matriz (masa) del suelo, normalmente debidos al drenaje impedido o a materiales originarios no completamente meteorizados.

Movimiento en masa ("churning"): movimientos de la masa del suelo debidos a su alto contenidos de arcillas expandibles, las cuales aumentan y contraen su volumen con los cambios de humedad.

N

Napa freática: zona de saturación por agua subterránea libre.

O

Oxidación: fenómeno que tiene lugar cuando un átomo acepta electrones e involucra a todos los elementos que presentan la propiedad de funcionar con diferente valencia como el Fe, Mn y S entre otros. Un ejemplo de oxidación en el suelo es el pasaje de Fe⁺⁺ (hierro ferroso) al estado férrico (Fe⁺⁺⁺) formando óxidos e hidróxidos.

P

Paleozoico: es una división de la escala temporal geológica de más de 290 millones de años (Ma) de duración, que se inició hace $541,0 \pm 1,0$ Ma y finalizó hace unos $251,9 \pm 0,024$ Ma.

Pedogénesis: proceso de formación del suelo.

Pedogenético: producto de uno o varios procesos de formación del suelo.

Pedón: el área más pequeña (normalmente 1 m²) por la cual un suelo puede ser descripto y muestreado a fin de representar la naturaleza y disposición de sus horizontes y la variabilidad en

las otras propiedades que se preservan mediante las muestras; el pedón posee tres dimensiones: su límite superior está constituido por aire o agua muy poco profunda, sus límites laterales son otros pedones u otros cuerpos naturales definibles como "no suelos" (roca, agua profunda), y su límite inferior está constituido por su transición al "no suelo" (material originario, roca, etc.).

Pendiente: inclinación de la superficie del suelo. Se define por su gradiente, forma y longitud.

Perfil (del suelo): sección vertical de suelo que muestra la secuencia de sus horizontes desde la superficie hasta el material originario.

Perfil modal: Perfil del suelo que representa el conjunto de características típicas de una unidad taxonómica como por ejemplo una serie. Se considera como un ejemplo representativo del concepto central que se tiene de un suelo.

Permeabilidad: cualidad del suelo que le permite transmitir, a través de él, agua o aire.

pH (potencial hidrógeno): notación (de 1 a 14) que permite expresar la acidez o alcalinidad (reacción) de un suelo y que está determinada por el logaritmo de la recíproca (inversa) de la concentración del ion hidrógeno (H^+) en la solución del suelo.

Extremadamente ácido	menor de 4.5
Muy fuertemente ácido	4.5 a 5.0
Fuertemente ácido	5.1 a 5.5
Medianamente ácido	5.6 a 6.0
Débilmente ácido	6.1 a 6.5
Neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 a 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 a 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 a 9.0
Muy fuertemente alcalino	9.1 a 9.5
Extremadamente alcalino	9.6 a más

Pleistoceno: es una división de la escala temporal geológica. Comprende una época geológica que comienza hace 2,58 millones de años y finaliza a los 11.700 años antes del presente.

Productividad: Capacidad de un suelo para producir un determinado rendimiento con un cultivo o secuencia de cultivos, con un manejo adecuado.

Pseudomicelios: son precipitaciones de carbonato de calcio en forma de filamentos.

Punto de marchitez permanente: proporción de agua, en porcentaje de peso seco de suelo, que queda en el mismo cuando las plantas se marchitan irreversiblemente.

R

Reacción del suelo: ver *pH*.

Reducción: fenómeno inverso a la oxidación que se produce cuando el átomo de un elemento cede electrones. En este caso, por ejemplo, el hierro pasa del estado férrico (Fe^{+++}) al ferroso (Fe^{++}).

Régimen térmico: régimen característico de temperatura edáfica, definido en términos de la temperatura anual media del suelo, las fluctuaciones estacionales de dicha media y el gradiente medio estacional (frío o cálido) en la zona radicular principal (5-100 cm de profundidad).

Régimen pluviométrico monzónico: distribución de la lluvia durante el curso del año, de forma tal que el verano es notablemente lluvioso en tanto que el invierno es muy seco.

Relieve: elevaciones e irregularidades de la superficie del terreno que dan carácter al paisaje de un área. Se distinguen: relieve pronunciado o excesivo, relieve normal (ondulado a suavemente ondulado), relieve plano o subnormal (llano), relieve cóncavo (depresiones) y sus combinaciones (plano cóncavo, normal subnormal, etc.).

S

Sabánica (sabana): se trata de una llanura con vegetación herbácea y pocos árboles dispersos.

Salino (suelo): suelo que contiene un exceso de sales solubles de reacción neutra, que normalmente interfieren en el desarrollo de la vegetación.

Saturación de bases: porcentaje en el que el complejo de intercambio está saturado con cationes intercambiables que no son hidrógeno ni aluminio (ver *Capacidad de intercambio catiónico*).

Serie (de suelo): es la unidad taxonómica más pequeña del sistema de clasificación de suelos utilizado en esta carta.

Slickensides: ver *Caras de fricción*.

Suelo: Medio natural para el crecimiento de la plantas; tridimensional, es decir con forma y extensión superficial, ancho y largo, como también profundidad. Su límite superior es la superficie de la tierra; su límite inferior se ubica donde ya no actúan los procesos formadores de suelos y sus límites laterales son los contactos con otros suelos.

T

Taxa/taxón: unidad de clasificación de los suelos, por ej. orden, suborden, etc.

Terciario: antiguo nombre que se le daba a la actual Era Cenozoica (ver Cenozoico). El Período Terciario, actualmente no reconocido por la Comisión Internacional de Estratigrafía, comprendía la Era Cenozoica excepto los últimos 2,58 millones de años, cuando se inicia el Período Cuaternario.

Terraza (fluvial): se forma por la erosión que produce el río sobre las llanuras de inundación, generando pequeños escalones, a modo de peldaños, a ambos lados del cauce.

Textura (del suelo): proporción relativa de las fracciones arena, limo y arcilla que componen la masa mineral del suelo o de un horizonte en particular. Las texturas básicas son:

arcillosa: clase donde predomina la arcilla con un mínimo de 40 % y un máximo de 45 % de arena o 40 % de limo.

limosa: clase donde predomina el limo con un mínimo de 80 % y menos del 12 % de arcilla.

arenosa: clase donde predomina la arena con un mínimo de 85 % y menos del 10 % de arcilla.

franca: clase donde no predomina ninguna de las fracciones. Los suelos con esta textura se encuentran entre los más aptos para los cultivos más comunes.

Tierra: término utilizado para indicar un concepto más amplio que el de "suelo", ya que involucra las características y propiedades de los suelos, como así también el estudio e interpretación integral de aspectos adicionales del ambiente natural.

U

Unidad cartográfica (o de mapeo): cada una de las áreas delineadas en el mapa de suelos que son la representación gráfica de un determinado tipo de paisaje; están ocupadas por uno o más suelos y se identifican mediante un símbolo.

Unidad taxonómica: Consiste de un concepto central, representado por un perfil típico también llamado perfil modal, que muestra las condiciones más comunes para cada una de las propiedades de los suelos de su respectiva clase (por ejemplo Serie de Suelos en este trabajo) y de otros perfiles relacionados que varían respecto del concepto central, dentro de ciertos rangos definidos.

V

Vértico/a: se refiere a las condiciones específicas evidenciadas por una parte significativa del perfil del suelo que se caracterizan por un alto contenido de arcillas expandibles, la presencia de grietas al desecarse, de caras de deslizamiento (slickensides) y agregados en forma de cuña.

Vía de drenaje: canales o ejes naturales por donde circula el agua.

6. Bibliografía

Boetto, M. (1994). Suelos del área de Otumpa (dpto. Moreno). Propiedades, génesis y clasificación taxonómica. 2° Jornada Provincial de suelos en Santiago del Estero. 25 y 26 de octubre de 1994.

Boetto M. y R. Duffau - D.G.M. y G. (1982). Informe final de los estudios edafológicos efectuados en el área comprendida entre las Localidades de La Paloma-Taboada-Selva, año 1978/1980. Santiago del Estero.

Boletta, P. (2001). Utilización de información agrometeorológica y satelital para la evaluación de la desertificación en el Chaco Seco - Departamento Moreno, Santiago del Estero. Tesis Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Agrometeorología. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. 119 pp.

Cabrera, A. (1994). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Regiones Fitogeografía Argentinas. Primera reimpresión. Tomo II. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires. 81 páginas.

Castellanos, A. (1968). Desplazamientos naturales, en abanico, del río Salado del Norte en la llanura Chaco-Santiagueño-Santafesina. Instituto de Fisiografía y Geología, Universidad Nacional de Rosario, Publicaciones 52: 19 p., Rosario.

Cobbold, P.; Rossello, E.; Roperch, P.; Arriagada, C.; Gómez, L. & C. Lima (2007). Distribution, timing, and causes of Andean deformation across South America. En Ries, A.C., Butler, R.W. y Graham, R.H. (eds.) Deformation of the continental crust: The legacy of Mike Coward, Geological Society of London Special Publications 272: 321-343, London.

Daniele C. y C. Natenzon (1994). Las Regiones naturales de Argentina: Caracterización y Diagnóstico. En: El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la República Argentina. APN / Secretaría Programa MAB-UNESCO.

Giraut, M.; Laboranti, E.; Rey, C.; Fioriti, M. y S. Ludueña (2001). Cuenca propia de los Bajos Submeridionales. Creación de una unidad hídrica independiente. En Seminario Internacional sobre manejo integral de cuencas hidrográficas. 8 al 12 de octubre de 2001. Rosario. Argentina.

Groeber, P. (1938). Mineralogía y Geología. Espasa-Calpe Argentina, Buenos Aires, págs. 1-492.

Irigoin, J. (2011). Sistemas de evaluación de tierras y elaboración de modelos de aptitud de uso agrícola, para distintos escenarios climáticos, en un sector de la subregión pampa arenosa (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Tesis para obtener el grado de Magister de la Universidad de Buenos Aires área Ciencias del Suelo otorgado por Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados. 186 p.: grafs., tpls. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2011irigoinjulieta.pdf> [Acceso: 20-04-2018]

Iriondo, M. (1990). La Formación Urundel. Un loess chaqueño. International Symposium on loess, Expanded abstracts, págs. 89-90.

Iriondo, M. (1993). Geomorphology and late Quaternary of the Chaco (South America). Geomorphology 7: 289-303.

Iriondo, M. (1997). Models of deposition of loess and loessoids in the Upper Quaternary of South America. Journal of South American Earth Sciences 10: 71-79.

Klingebiel A. & P. Montgomery. (1961). Land capability classification. Agricultural Handbook 210, Soil Conservation Service, U.S.D.A., Washington D.C. Pp 1-21.

Ledesma L.; Casas L.; Zurita J.; Cipolini F.; Matijasevic P.; Bordón A.; Szeve D.; Koicheff P. y E. Ferreyra (1992). Carta de suelos de la República Argentina: Los Suelos del Departamento Chacabuco, Provincia del Chaco. Convenio Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Presidencia Roque Sáenz Peña y el Gobierno de la Provincia del Chaco Ministerio de la Producción para el programa de: Estudio de los Suelos de la Provincia del Chaco. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_informe_mapa_de_suelo_chacabuco.pdf [Acceso: 11-04-2018].

- Morello, J. y C. Saravia Toledo (1959). El bosque chaqueño. I. Paisaje primitivo, paisaje natural y paisaje cultural en el oriente de Salta. *Rev. Agron. Noroeste Argentino*, 3:5-81; 46 lám.
- Morello, J.; Mateucci, S.; Rodríguez, A. y M. Silva (2012). Ecorregión del Chaco Seco. En: *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, 151-204.
- Moretti, L.; Vizgarra, L.; Rodríguez, D.; Schulz, G.; Paladino, I. y H. Morrás (2017). Nuevos aportes sobre la génesis y taxonomía de los suelos en el Noreste de Santiago del Estero. *XX Congreso Geológico Argentino*. Tucumán. 12 p.
- Moretti, L.; Vizgarra, L.; Morrás, H.; Schulz, G.; Rodríguez, D.; Paladino, I.; Bressan, E. y J. Laghi (2018). Consideraciones acerca del origen y evolución de los suelos en el Noreste de Santiago del Estero. *XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Tucumán. 6 p.
- Mosciaro, M.; Imaz, A.; Paoli, H.; Sal, J.; Noé, Y.; Vale, L.; Elena, H. y J. Volante (2017). Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Determinación de pasturas en el NOA a partir de sensores remotos 2015. Año 17, Publicación N° 38, Salta - AR, 2017. Disponible en: https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_pasturas_2015_noa.pdf [Acceso: 03-01-2018].
- Musto, J y A. Pittaluga. (1980). Aptitud para fines agrícolas de las tierras de la provincia de La Pampa. En: *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La pampa. Clima, geomorfología, suelo y vegetación*.-Buenos Aires, AR: INTA – provincia de La Pampa - Universidad Nacional de La Pampa, 1980.-493p. il.graf.yfot.byn.ymap.col.
- Nakama, V. y R. Sobral. (1987). Índices de productividad. Método paramétrico de evaluación de tierras. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca-INTA. Documento del Proyecto PNUD Arg. 85/019, Buenos Aires.
- Neiff, J. (1986). Sinopsis ecológica y estado actual del Chaco oriental. *Revista Ambiente Subtropical (Corrientes)* 1: 5-35.
- Peri V. y E. Rossello (2008). Influencias morfoestructurales e hidrográficas de las Lomadas de Otumpa (Santiago del Estero y Chaco, Argentina). *17º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 418-419, Jujuy.*
- Peri V. y E. Rossello (2010). Anomalías morfoestructurales del drenaje del río Salado sobre las Lomadas de Otumpa (Santiago del Estero y Chaco) detectadas por procesamiento digital. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66(4): 636-648.
- Ramos, V. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Geología Argentina, Buenos Aires, Anales* 29 (3): 41-96.
- Ramos, V.; Cristallini, E. y D. Pérez (2002). The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 59-78.
- Riquier, J. (1972). A mathematical model for calculation of agricultural productivity in terms of parameters of soil and climate. Paper AGL: Misc./72/14, September 9 pp. FAO.
- Riquier, J.; Bramao, D. & J. Cornet. (1970). A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity. Paper AGL: TESR/70/6, December, 38 pp. FAO.
- Rossello, E. y C. Bordarampé (2005). Las Lomadas de Otumpa: nuevas evidencias cartográficas de deformación neotectónica en el Gran Chaco (Santiago del Estero, Argentina). *16º Congreso Geológico Argentino, Actas CD-ROM, Ponencia 210, La Plata.*
- Rossiter, D. y R. Vargas Rojas (2004). Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. ITC, Enschede, the Netherlands; CLAS, Cochabamba, Bolivia. 145pp. Agosto 2004. This is a Spanish-language translation and adaptation of the previous. Disponible en: http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/ssm/SSM_LectureNotes2_E.pdf [Acceso: 02-03-2018].

- SAGyP-INTA. (1990). Atlas de Suelos de la República Argentina. Proyecto PNUD Arg-85/019, Buenos Aires. Dos tomos, 1600 p. 39 mapas.
- Sayago J. (1995). The Argentine neotropical loess: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 14: 755-766.
- Schoeneberger, P.; Wysocki, D. & E. Benhamy (2012). Soil Survey Staff. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Schulz, G.; Irigoien, J.; Morales Poclava, C. e I. Paladino (2012). Aplicación del Índice de Productividad Unificado para la Hoja Lajitas, Salta. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - Mar del Plata, Argentina.
- Soil Survey Staff (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos, Décima segunda edición. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. 399 p.
- Tasi H. y G. Schulz. (2008). Índices de productividad específico para el cultivo de arándanos en el Departamento Concordia - Provincia de Entre Ríos. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes. San Luis. Argentina.
- Thornthwaite C. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *The Geographical Review* 38: 55-94.
- Thornthwaite C. & F. Hare. (1955). Climate classification in Forestry. Reimpresión de UNASYLVA, publicada por la FAO de Naciones Unidas, Roma, Italia. Vol 9, núm 2.
- Vargas Gil J. (1990). Santiago del Estero. Atlas de la República Argentina. Tomo II. Proyecto PNUD ARG-85/019.
- Vizgarra, L.; Moretti, L.; Rodríguez, D.; Schulz, G.; Tenti, L.; Mas, L. y A. Avalos (2018). Aplicación del enfoque geopedológico para el relevamiento semidetallado de suelos en el noreste de Santiago del Estero. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Tucumán. 6 p.
- Van Wambeke A. y C. Scoppa. (1980). Las taxas climáticas de los suelos argentinos. INTA-CIRN. Publicación 168. Castelar.
- Van Wambeke, A. y T. Forbes. Eds. (1989) Criterios para el uso de la Taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas. USDA, Soil Management Support Services. Monografía técnica N° 15. 67 pp.
- Zinck, A. (1988). Physiography and Soils Lecture Note SOL.4.1. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Enschede (NL), pp 156
- Zinck, J. (2012). Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales ITC Special Lecture Notes Series, ITC. Enschede.

El conocimiento del suelo, de sus características y aptitudes, así como de su distribución geográfica dentro de un área, es fundamental para planificar racionalmente su uso. Las cartas de suelo son la forma tradicional de publicación de estudios cartográficos de suelos.

En nuestro país, los relevamientos de suelos fueron realizados por INTA durante los años 1960 a 1990. Los mapas y estudios de suelo fueron publicados en la forma de Cartas de Suelo de la República Argentina. La finalidad de las cartas de suelos es divulgar conocimientos sobre las propiedades de los suelos, mostrar su distribución geográfica, clasificar cada tipo de suelo presente de acuerdo a su aptitud de uso y dar a conocer las normas generales para su manejo y conservación.

Las Cartas de Suelos de la República Argentina están destinadas a dar a conocer los resultados de los estudios de campo, gabinete y laboratorio efectuados en un área, presentando éstos en forma de textos explicativos y de mapas a distintas escalas. Principalmente tiene por lector al productor agropecuario, con el propósito de ayudarlo a conocer mejor sus tierras y contribuir a que las maneje en forma adecuada, aumentando su nivel de aprovechamiento, aunque también está dirigida a los extensionistas y agrónomos para que las utilicen en sus tareas de divulgación, asesoramiento y manejo de campos, a los ingenieros civiles e hidráulicos para sus proyectos de construcción de caminos, edificios y otras estructuras para los cuales deben recopilar datos sobre las propiedades de los suelos.

El presente estudio "Carta de Suelos de la República Argentina, Subcuenca La Esperanza, Departamento Moreno, Provincia de Santiago del Estero" corresponde al texto y la carta básica de los suelos a escala 1:50.000, con información edafológica semidetallada. Esta carta del sector santiagueño de la subcuenca "La Esperanza", cubre una superficie de 11.259,3 hectáreas, entre los 27° 0' 0,58" y 26° 59' 59,43" latitud sur, y los 61° 42' 46,56" y 61° 42' 46,63" longitud oeste ocupando el noreste del departamento Moreno, provincia de Santiago del Estero.

Esta carta es el resultado de más de tres años de trabajo de un grupo de investigadores pertenecientes al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con sede en el Instituto de Suelos de Castelar, junto con las investigadoras de la noble Estación Experimental de Quimilí. La obra consta de una memoria técnica (geología, geomorfología, caracterización climática, vegetación, descripción de los perfiles modales, evaluación de tierras y glosario), un mapa de suelos y tres mapas temáticos.



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación