

CONTRATO DE OBRA EXP- N° EX2012-00025211—CFI-GES#DCS

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA



**CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES**



**SANTIAGO
DEL ESTERO**



**CARTOGRAFÍA DE SUELOS Y
EVALUACIÓN DE TIERRAS DEL SECTOR
NORTE DEL DEPARTAMENTO BELGRANO
– SANTIAGO DEL ESTERO**

Noviembre, 2023

Editores:

Vizgarra Lidia Amanda y Mas Laura Ines

Edición General
Lidia Amanda Vizgarra y Laura Inés Mas

Autores

Reconocimiento de Suelos:	Lidia Amanda Vizgarra (1) Laura Inés Mas (1) Lucas Martín Moretti (2) Julio Contreras (3) Eliana Cintia Schefer (4) Lautaro Faule (5) Mauro Lanfranco (5) Dardo César Escobar (6) Pablo Darío Cejas (3) Diego Gabriel Salas (7) Manuel Ángel Linch (7) Ariel Rolando Tamer (13) Noelia Mariana Continelli (8) Juan de Dios Cáceres (1)
Geología y Geomorfología:	Lucas Martín Moretti (2) Darío Martín Rodríguez (9) Lidia Amanda Vizgarra (1) Lautaro Faule (5) Mauro Lanfranco (5)
Cartografía y Digitalización:	Lautaro Faule (5) Mauro Lanfranco (5) Laura Inés Mas (1) Lidia Amanda Vizgarra (1) Guillermo Andrés Schulz (9) Santiago Renaudeau (10) Raúl Giménez (11)
Caracterización Climática:	Laura Inés Mas (1) Lidia Amanda Vizgarra (1) Omar Puig (3)
Vegetación:	Lidia Amanda Vizgarra (1) Laura Inés Mas (1)
Evaluación de Tierras:	Julieta Irigoín (9) Manuel Eduardo Vicondo (5) Lidia Amanda Vizgarra (1)
Procesamiento de muestras:	Mario Lacorte (1) Laura Inés Mas (1)

	Lidia Amanda Vizgarra (1)
Determinación de Parámetros Físicos:	Maria Romina Befani (12) Juan Pablo Hernández (12) Luis Francisco Risso (12) Mario Lacorte (1)
Determinación de Parámetros Químicos:	Maria Romina Befani (12) Juan Pablo Hernández (12) Luis Francisco Risso (12) Emilio Abel Azar (13)
Difusión:	Marcelo Lagos (7)
Redacción de la Memoria	Lidia Amanda Vizgarra (1) Laura Inés Mas (1) Lucas Martín Moretti (2) Lautaro Faule (5) Mauro Lanfranco (5) Darío Martín Rodríguez (9) Julio Contreras (3)

- (1) Estación Experimental Agropecuaria INTA Quimilí, Santiago del Estero.
- (2) Estación Experimental Agropecuaria INTA Cerro Azul, Misiones.
- (3) Agencia de Extensión Rural INTA Bandera, Santiago del Estero.
- (4) Ex integrante de la Agencia de Extensión Rural INTA Bandera, Santiago del Estero.
- (5) Estación Experimental Agropecuaria INTA Manfredi, Córdoba.
- (6) Secretaría de Agricultura de la Nación.
- (7) Agencia de Extensión Rural INTA Añatuya, Santiago del Estero.
- (8) Agencia de Extensión Rural INTA Malbrán, Santiago del Estero.
- (9) Instituto de Suelos - CIRN - INTA Castelar, Buenos Aires.
- (10) Ex integrante del Instituto Nacional del Agua (INA).
- (11) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis.
- (12) Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos.
- (13) Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, Santiago del Estero.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Finalidades y alcances de la Carta de suelos	1
1.2. Objetivos del proyecto	3
1.3. Productos	3
2. MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1. Ubicación geográfica del área de estudio	4
2.2. Caracterización del área de estudio	4
2.2.1. Geología	4
2.2.2. Hidrología	5
2.2.3. Geomorfología y suelos	5
2.2.4. Caracterización climática	8
2.2.5. Vegetación	14
2.2.6. Uso de la tierra	17
2.2.7. Contexto hidrológico	19
2.3. Metodología de trabajo	19
2.3.1. Gabinete	19
2.3.2. Relevamiento de suelos a campo	20
2.3.3. Estudio del suelo en los pozos de observación	22
2.3.4. Análisis de las muestras en el laboratorio	25
3. RELACIÓN PAISAJE-SUELO	28
3.1. Suelos	32
3.1.1. Generalidades	32
3.1.2. Distribución y clasificación taxonómica de los suelos	33
3.1.3. Descripción de las series de suelos	34
3.1.3.1. Serie Bandera	34
3.1.3.2. Serie El Colorado	36
3.1.3.3. Serie El Haras	40
3.1.3.4. Serie El Mataco	42
3.1.3.5. Serie Fortín Inca	46
3.1.3.6. Serie Margarita	50
3.1.3.7. Serie Ruta 42	53
3.1.3.8. Serie Sotoscueva	57
3.1.3.9. Serie Tacurú	61
3.1.4. Composición de las Unidades cartográficas de suelos	65
4. EVALUACIÓN DE TIERRAS	68
4.1. Capacidad de uso	68
4.2. Índice de productividad	70
4.2.1. Región climática II	71
4.2.2. Región climática IV	81

5. RECOMENDACIONES DE MANEJO	87
6. BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXO I	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio y de las cuencas hidrográficas del Mega abanico del río Salado y los Bajos Submeridionales en la provincia de Santiago del Estero	4
Figura 2. Unidades cartográficas del Mapa Geológico 1:650.000 presentes en el área de estudio	7
Figura 3. Unidades cartográficas de la Carta 1:250.000 presentes en el área de estudio	8
Figura 4. Localización de los sitios de donde se tomaron los datos de las variables climáticas	9
Figura 5. Precipitación media mensual (mm) de la localidad de Bandera (serie 1980-2021)	10
Figura 6. Precipitación media mensual de la localidad de Ceres (serie 1991-2020)	10
Figura 7. Subregiones de vegetación en la región Chaqueña	15
Figura 8. Quebracho colorado chaqueño y santiagueño	15
Figura 9. Quebracho blanco y Algarrobo negro	16
Figura 10. Árbol de Itín y flor del Chañar	16
Figura 11. Especies herbáceas: Pappophorum sp. y Aibe	17
Figura 12. Superficie deforestada hasta el 2019 en el Dpto. Belgrano	17
Figura 13. Áreas muestra seleccionadas para el relevamiento de campo y pozos de observación realizados	20
Figura 14. Modelo de elevación digital del terreno	21
Figura 15. Ficha edafológica de un pozo de observación (006A)	22
Figura 16. Pozos de observación y calicatas	23
Figura 17. Primera campaña de relevamiento de suelos: planificación en gabinete y descripción de un pozo de observación	23
Figura 18. Excavación de un pozo de observación y calicata 04A lista para describir	24
Figura 19. Pozo de observación y reconocedores describiendo el suelo	24
Figura 20. Determinación de color con tabla Munsell y de profundidad de zona saturada con barreno	24
Figura 21. Delimitación de horizontes en pozo de exploración y de pH por método colorimétrico	25
Figura 22. Ubicación de las calicatas modales de las Cartas de Suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada y de la	27

provincia de Santa Fe	
Figura 23. Unidades del paisaje	30
Figura 24. Perfil representativo 4A	38
Figura 25. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 4A	38
Figura 26. Perfil representativo 33C	44
Figura 27. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 33C	44
Figura 28. Perfil representativo 2B	48
Figura 29. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 2B	48
Figura 30. Perfil representativo 31B	55
Figura 31. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 31B	55
Figura 32. Perfil representativo 23A	59
Figura 33. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 23A	59
Figura 34. Perfil representativo 36B	63
Figura 35. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 36B	63
Figura 36. Mapa de unidades cartográficas de suelos	65
Figura 37. Mapa de capacidad de uso de las unidades cartográficas	70
Figura 38. Regiones y subregiones climáticas para el cálculo del IP	71
Figura 39. Mapa de Índices de Productividad de las unidades cartográficas (IPc-IIC)	81
Figura 40. Mapa de Índices de Productividad de las unidades cartográficas (IPc-IVA)	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadística descriptiva de precipitaciones mensuales (mm) de la localidad de Bandera (serie 1980-2021)	10
Tabla 2. Temperaturas medias, mínimas y máximas medias en casilla a 1,5 m de altura (°C) para la localidad de Bandera (serie 2003-2021)	11
Tabla 3. Temperaturas medias, mínimas y máximas medias y absolutas en casilla a 1,5 m de altura (°C) de la localidad de Ceres (serie 1991-2020)	12
Tabla 4. Velocidad media y máxima mensual del viento a 2 m de altura (km/h) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022)	12
Tabla 5. Radiación global media (Mj/m ²) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022)	13
Tabla 6. Heliofanía efectiva media (horas) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022)	13
Tabla 7. Humedad relativa media (%) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022)	13
Tabla 8. Evapotranspiración potencial corregida con el método de Thornthwaite (mm)	14
Tabla 9. Superficie sembrada (ha) durante la campaña 2021/22 en el	18

Dpto. Belgrano	
Tabla 10. Existencias bovinas del Dpto. Belgrano al 31/12/2021	18
Tabla 11. Metodología aplicada para determinación de propiedades químicas	26
Tabla 12. Categorías del sistema geopedológico	29
Tabla 13. Clasificación taxonómica de los suelos del área mapeada	34
Tabla 14. Datos analíticos del perfil típico Serie Bandera	35
Tabla 15. Datos analíticos del perfil típico 4A	39
Tabla 16. Datos analíticos del perfil típico Serie El Haras	41
Tabla 17. Datos analíticos del perfil típico 33C	45
Tabla 18. Datos analíticos del perfil típico 2B	49
Tabla 19. Datos analíticos del perfil típico Serie Margarita	52
Tabla 20. Datos analíticos del perfil típico 31B	56
Tabla 21. Datos analíticos del perfil típico 23A	60
Tabla 22. Datos analíticos del perfil típico 36B	64
Tabla 23. Unidades cartográficas de suelos	66
Tabla 24. Clases y subclases de Capacidad de Uso para las unidades taxonómicas	69
Tabla 25. Clases y subclases de Capacidad de Uso para las unidades cartográficas	70
Tabla 26. Promedio mensual de excesos y déficits hídricos	73
Tabla 27. Clasificación del clima según el tipo de humedad	73
Tabla 28. Clases de drenaje del suelo	74
Tabla 29. Profundidad efectiva del suelo	74
Tabla 30. Textura del horizonte superficial - régimen ústico	75
Tabla 31. Textura del horizonte subsuperficial - régimen ústico	75
Tabla 32. Grados de Salinidad del suelo	76
Tabla 33. Grados por porcentaje de Sodio de Intercambio	76
Tabla 34. Materia orgánica del horizonte superficial	77
Tabla 35. CIC del horizonte subsuperficial	77
Tabla 36. Grados de erosión hídrica actual	78
Tabla 37. Grados de erosión eólica actual	78
Tabla 38. Grados de erosión hídrica potencial	78
Tabla 39. Presencia y espesor del horizonte álbico	79
Tabla 40. Peligro de anegamiento o inundación	79
Tabla 41. Índices de Productividad de las Unidades taxonómicas (IPt-IIC)	80
Tabla 42. Índices de Productividad de las Unidades cartográficas (IPc-IIC)	80
Tabla 43. Clasificación del clima según el tipo de humedad	82
Tabla 44. Clases de drenaje del suelo	82
Tabla 45. Profundidad efectiva del suelo	82

Tabla 46. Textura del horizonte superficial - régimen ústico	83
Tabla 47. Textura del horizonte subsuperficial - régimen ústico	83
Tabla 48. Grados de Salinidad del suelo	84
Tabla 49. Porcentaje de Sodio de Intercambio	84
Tabla 50. Materia orgánica del horizonte superficial	84
Tabla 51. Clases de pendiente	85
Tabla 52. Clases de pedregosidad	85
Tabla 53. Índices de Productividad de las Unidades taxonómicas (IPt-IVA)	86
Tabla 54. Índices de Productividad de las Unidades cartográficas (IPc-IVA)	86

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la Llanura Chaqueña Argentina, la provincia de Santiago del Estero ha experimentado una de las mayores tasas de cambio de uso del suelo junto a Chaco y Salta (Paruelo et al., 2011). En el este provincial, una de las zonas más productivas de la región, la superficie de cultivos anuales extensivos, especialmente soja (*Glycine max*), se ha ido incrementando históricamente. En este sentido, el norte del Departamento Belgrano integra uno de los núcleos productivos de mayor historia agropecuaria, donde la agriculturización ha relegado la superficie con relictos boscosos a menos de un 10 % del territorio (Elena et al., 2012). El cambio de uso del suelo se llevó a cabo sin una adecuada planificación, en gran medida debido a la falta de cartografía de suelos a una escala adecuada para la toma de decisiones. Esto produjo consecuencias negativas para el ambiente y la producción, tales como la disminución de los contenidos de materia orgánica y nutrientes del suelo, compactación y encostramiento, ascensos freáticos, procesos de salinización e inundaciones (González et al., 2014; Amdan et al., 2013; Giménez et al., 2015; Giménez, 2016). Además, el establecimiento de sistemas netamente agrícolas reduce la evapotranspiración de los cultivos e incrementa la escorrentía y/o el drenaje profundo, lo que termina modificando la dinámica hídrica y puede generar procesos de degradación del suelo (Jobbágy et al., 2008; Santoni et al., 2010; Nosetto et al., 2012).

El área de estudio cuenta con mapas de suelos a escala de reconocimiento (1:650.000 y 1:250.000), elaborados en décadas anteriores, que brindan información general y de tipo esquemática, la cual es insuficiente para el ordenamiento territorial y en especial para la toma de decisiones a nivel de establecimiento rural. Por lo tanto, es necesario mejorar la precisión y escala de la cartografía existente y proponer prácticas de manejo que permitan a los sistemas productivos ser sustentables y soportar eventos climáticos extremos (sequías e inundaciones). En este contexto, la actualización de la información de suelos a mayor escala, permitirá definir la productividad y capacidad de uso de las tierras, pudiendo identificar zonas más aptas para cada actividad y al mismo tiempo preservar ambientes vulnerables y menos resilientes. En definitiva, este trabajo comprenderá una herramienta fundamental para el sector público y privado en la utilización ordenada y sustentable de los recursos naturales.

1.1. Finalidades y alcances de la Carta de suelos

El conocimiento del suelo, su aptitud para el uso y del área que ocupa, es fundamental para planificar racionalmente su utilización. La finalidad de las cartas o mapas de suelos es, precisamente, divulgar información sobre las

características y propiedades de los suelos de una región, mostrar su distribución geográfica, asignar a cada uno la correspondiente clasificación por su aptitud para el uso y dar a conocer recomendaciones de manejo.

El presente estudio está destinado principalmente al productor agropecuario con el propósito de ayudar a conocer mejor sus tierras, contribuir a que las maneje en forma adecuada aumentando así su nivel de aprovechamiento, a los extensionistas y agrónomos para que lo utilicen en las tareas de divulgación, asesoramiento y manejo de campos, a los ingenieros civiles e hidráulicos para sus proyectos de construcción de caminos, edificios y demás obras para las cuales deben poseer datos sobre propiedades de los suelos. Otros grupos de usuarios que pueden extraer información contenida en esta carta son los relacionados con actividades inmobiliarias, la valuación de campos, la subdivisión de propiedades, incluidos no solo agentes inmobiliarios sino organismos crediticios e instituciones de gobierno, así como las entidades rurales encargadas de discutir, proponer o definir políticas impositivas o de emergencias para el sector. Por último, el tipo de información suministrada constituye un aporte trascendente en el campo de la docencia y la investigación, donde puede contribuir a la generación y a la difusión de tecnologías localmente específicas. En síntesis, esta Carta de Suelos contiene datos que pueden ayudar a la toma de decisiones objetivas a todos aquellos vinculados al recurso suelo.

La información suministrada por esta Carta de Suelos permite, además, su utilización con otros importantes fines:

- 1) Determinar la capacidad de uso de los suelos y estimar su productividad bajo determinado nivel de manejo.
- 2) Interpretar los datos básicos que se presentan para definir la aptitud de las tierras para usos alternativos y diferentes niveles de manejo.
- 3) Planificar el uso racional del suelo a distintos niveles (regional, subregional y predial) permitiendo adecuar las prácticas de manejo y conservación que exigen las distintas clases de tierras, para una mayor y sostenida productividad agropecuaria.
- 4) Definir prácticas y estrategias, a nivel predial o de lote, de tratamientos o de aplicación de insumos en sitios específicos.
- 5) Dar las bases para la investigación y experimentación agropecuaria, permitiendo la extrapolación de resultados experimentales dentro y fuera del país.
- 6) Establecer criterios técnicos para la definición de políticas agropecuarias, crediticias e impositivas.
- 7) Determinar áreas factibles de recuperación económica afectadas por erosión, salinidad, sodicidad, deficiente drenaje, etc.

1.2. Objetivos del proyecto

Objetivo general:

Estudiar el tipo y distribución de los suelos del sector norte del Departamento Belgrano, provincia de Santiago del Estero, y definir su aptitud productiva como base para establecer pautas de manejo sustentables.

Objetivos específicos:

- Realizar el reconocimiento y cartografía a nivel de semidetalle (escala 1:50.000) de los suelos del norte del Departamento Belgrano.
- Evaluar las tierras en base a los sistemas de Capacidad de Uso e Índice de Productividad.
- Elaborar pautas/recomendaciones de manejo de suelo en base a su capacidad de uso y productividad.

1.3. Productos

El resultado final de este proyecto será una memoria descriptiva y mapas de tipo y distribución de suelos, aptitud de uso y limitantes de las tierras evaluadas a una escala 1:50.000.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio abarca una superficie aproximada de 85.000 hectáreas, dentro del Departamento Belgrano de la provincia de Santiago del Estero, comprendida entre los paralelos $28^{\circ} 51' 48,3''$ y $29^{\circ} 07' 55,5''$ S, y los meridianos $61^{\circ} 51' 23,3''$ y $62^{\circ} 19' 21,9''$ W (Figura 1a).

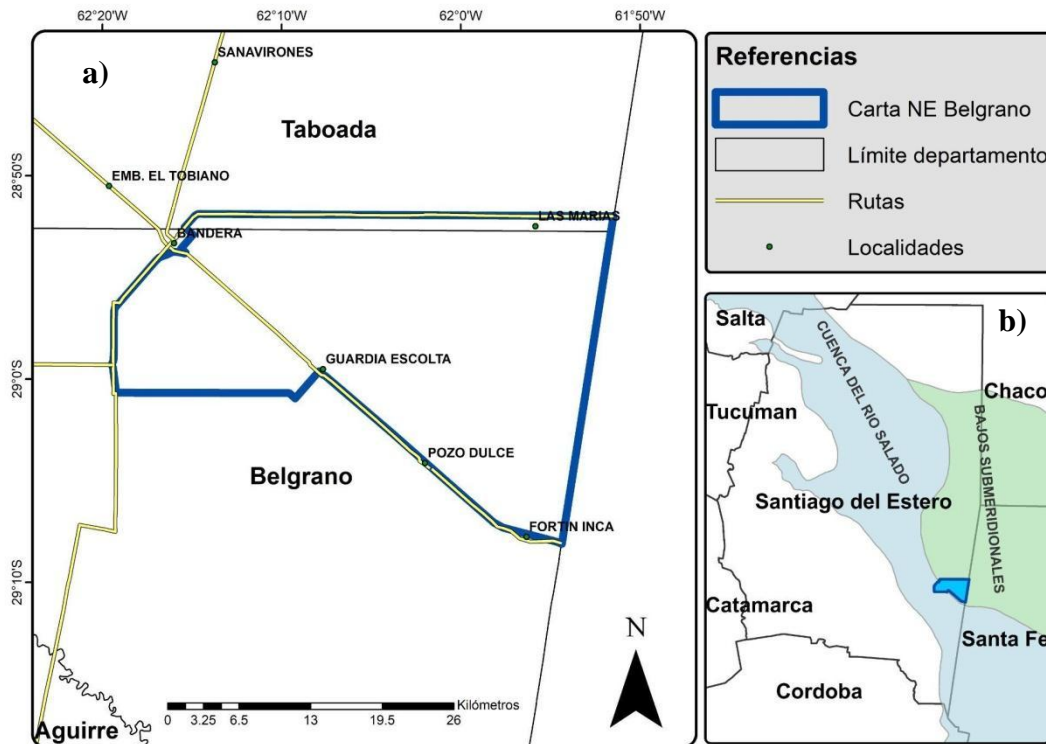


Figura 1. a) Ubicación del área de estudio y b) de las cuencas hidrográficas del Mega abanico del río Salado y los Bajos Submeridionales en la provincia de Santiago del Estero.

Fuente: elaboración propia.

2.2. Caracterización del área de estudio

2.2.1. Geología

Santiago del Estero forma parte de la cuenca sedimentaria Chacoparanaense, la cual integra la gran provincia geológica "Chacobonaerense" (Groeber, 1938; Ramos, 1999). Esta cuenca posee un basamento cristalino, fracturado y hundido, conformado por rocas metamórficas precámbricas, posteriormente sepultado por sedimentos recientes del Terciario y Cuaternario, a profundidades variables de hasta 5000 metros. Durante el Cenozoico, se desarrolló una planicie de acumulación sedimentaria controlada

por sistemas fluviales y aluviales efímeros, luego modificados por la acción eólica. En consecuencia, una delgada capa de loess cuaternario cubre en casi toda su extensión una larga historia geológica, asociada a procesos geodinámicos del Gondwana Occidental y de la Orogenia Andina, y enmascara la deformación neotectónica de intraplaca. Por lo tanto, la geología del este provincial presenta una evolución tectónica y sedimentaria desde el Paleozoico (Silúrico-Devónico), Mesozoico (Cretácico) y Cenozoico (Terciario y Cuaternario) (Vizgarra et al., 2018).

2.2.2. Hidrología

Gran parte del área estudiada se ubica dentro de la cuenca de los Bajos Submeridionales (Figura 1b), un extenso sistema hidrológico que consiste en una llanura poligénica sujeta a modelado fluvio-eólico. La dirección predominante del flujo es de noroeste-sureste, con pendientes de entre 5 y 30 cm/km, aunque no existe una red de escurrimiento definida y organizada, y acorde con ello, se producen escurrimientos mantiformes y grandes acumulaciones de agua en superficie durante los periodos húmedos (Giraut et al., 2001).

Por su parte, el suroeste del área relevada pertenece a la cuenca del río Salado (Figura 1b). La cuenca media se extiende desde la localidad de J. V. González, en Salta, hasta el ingreso a la provincia de Santa Fe. En la provincia de Santiago del Estero, el río Salado se comporta como un río de llanura, sin recibir afluentes (Castellanos, 1968).

2.2.3. Geomorfología y suelos

El sureste santiagueño se encuentra en el Chaco Oriental, conformado por los sectores distales del mega abanico aluvial del río Salado (Iriondo, 1993). Es un ambiente de pendientes muy suaves, con carga sedimentaria de granulometría fina, aportada por antiguas fajas de los sistemas fluviales (Iriondo, 1993; 1997), dando como resultado pantanos permanentes (esteros) y temporarios (bañados) (Neiff, 1986).

Este sector estuvo sometido a alternancias de periodos secos y fríos con otros húmedos y más cálidos durante el Cuaternario. Los procesos de aridización afectaron a la región Chaco-pampeana en el Pleistoceno, especialmente en el último Máximo Glacial, en tanto que otro evento más corto y menos severo ocurrió durante el Holoceno superior (Iriondo, 1993). Durante estos periodos secos se originaron dos sistemas de vientos regionales, uno en el sector sur y centro (Sayago, 1995) y otro en el sector 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, con campos de dunas locales (Iriondo, 1990; 1993; Sayago, 1995). En tanto, Moretti et al. (2017, 2018, 2020) revelaron que para el sector noroccidental de la cuenca de los Bajos Submeridionales el material parental de los suelos son pedosedimentos. Están compuestos por abundantes pseudo-arenas y pseudo-limos cementados por óxidos de hierro en la fracción tierra fina. Su origen estaría vinculado con la erosión de paleosuperficies preexistentes, hecho relacionado con las fluctuaciones climáticas y con los procesos neotectónicos documentados para el Pleistoceno-Holoceno en la región.

Estos factores actuaron en la formación del relieve plano (subnormal) que comprende ligeras ondulaciones dentro de un paisaje de planicies dominantes. Según el Mapa Geológico y de Suelos de Santiago del Estero (Cervelli et al.1982), el área de estudio se enmarca en la Planicie Loéssica Sudoriental, caracterizada por un gradiente de pendiente muy suave, de dirección noroeste-sureste, surcada por antiguos cauces del río Salado. Además, presenta planicies cortas onduladas y cubetas de deflación como resultado del modelado eólico. El material originario de los suelos comprende sedimentos loéssicos. De acuerdo con el mapa (Figura 2), los suelos de este sector son los de mayor capacidad productiva del área relevada, todos ellos de aptitud agrícola (clase III), identificándose 4 unidades cartográficas conformadas por los siguientes suelos:

- a) Asociación de Haplustoles típicos y Argiustoles údicos, libres de sales y sodio, con buena capacidad de retención de humedad y alta fertilidad potencial, sólo limitados por escasas precipitaciones.
- b) Asociación de Haplustoles típicos y Argiustoles típicos que, además de la limitante climática, presentan algunas restricciones de uso y manejo, vinculadas a niveles de salinidad y/o sodicidad subsuperficiales que pueden afectar a los cultivos sensibles.
- c) Asociación de Argiustoles típicos y údicos, también restringidos en la zona de crecimiento radicular.
- d) Argiustoles ácuicos, en la zona cercana a Fortín Inca, potencialmente anegables, debido al ascenso de la napa freática y a deficiencias en el drenaje interno.

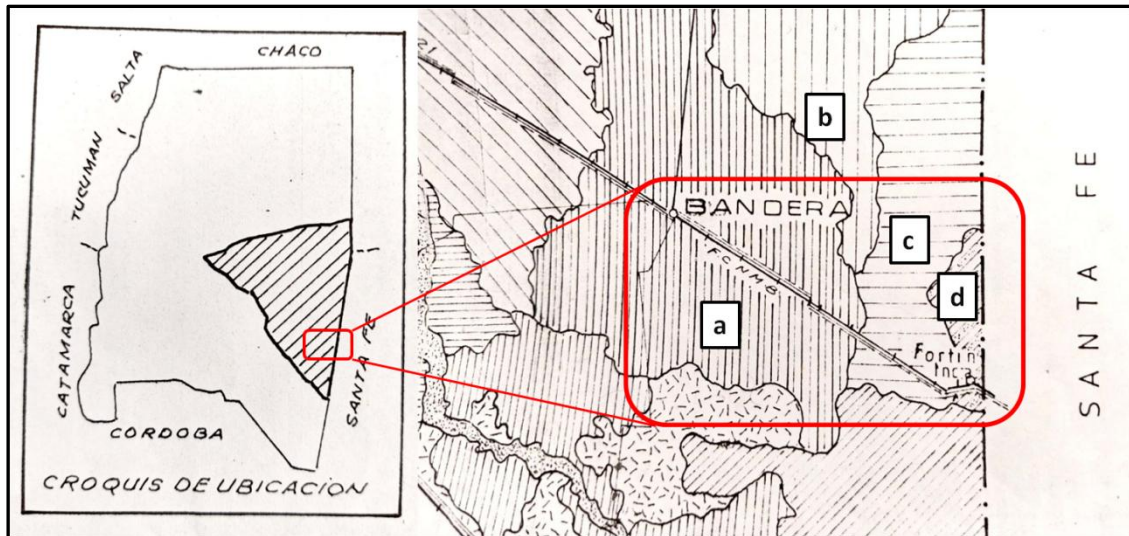


Figura 2. Unidades cartográficas del Mapa Geológico 1:650.000 presentes en el área de estudio: a) asociación de Haplustoles típicos y Argiustoles údicos; b) asociación de Haplustoles típicos y Argiustoles típicos; c) asociación de Argiustoles típicos y údicos; y d) Argiustoles ácuicos. Fuente: adaptado de Cervelli et al., 1982.

Según la Carta de Suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada (Peña Zubiarte et al., 1978), y en coincidencia con el Mapa Geológico escala 1:650.000, el área de estudio está comprendida por interfluvios disectados por paleocauces y depresiones. Los primeros son áreas planas alargadas, situadas entre los paleocauces, compuestas de material limoso tanto en superficie como en profundidad. Por su parte, la mayoría de los antiguos cauces presentan una orientación norte-sur, con sinuosidades sin carácter meandriforme, y cuyos sedimentos poseen limos y arcillas en superficie y arenas en profundidad. Además, se presentan depresiones de relieve plano cóncavo y escurrimiento lento, que en épocas de lluvia concentran excedentes hídricos. Los suelos se han formado sobre sedimentos eólicos franco limosos, de color pardo grisáceo, con potencia de 100 a 150 cm. A partir de los 100 cm de profundidad aproximadamente, el material parental está conformado por sedimentos fluvio-eólicos de textura franca, color pardo rojizo y con concentraciones abundantes de sales y carbonatos. Los suelos descritos para el área de estudio son (figura 3):

- a) Haplustol típico (Serie Bandera): es un suelo bien drenado y bien provisto de materia orgánica, con presencia de concreciones de carbonato de calcio por debajo de los 100 cm de profundidad;
- b) Argiustol típico (Serie Tostado): corresponde a suelos susceptibles a anegamiento/encharcamiento, presentan un horizonte arcilloso fuertemente desarrollado y signos de hidromorfismo alrededor de los 100 cm de profundidad (moteados y concreciones de hierro y manganeso);
- c) Asociación de Haplustoles típicos (Serie Bandera) y Argiustoles típicos (Serie El Haras): dominadas por la primera, son áreas llanas surcadas por

antiguos cauces del río Salado. Sobre estos últimos, se reconocen los perfiles de la serie El Haras, con fuerte desarrollo de horizontes argílicos y concreciones de carbonato de calcio a partir de los 135 cm de profundidad;

d) Complejo de Argiustoles típicos (Serie Tostado) y Argiustoles ustálficos (Serie Guardia Escolta): esta unidad presenta un relieve plano a muy suavemente ondulado, con microdepresiones ocupadas por los suelos de la serie Tostado, y microelevaciones compuestas por la Serie Guardia Escolta. Esta última se caracteriza por dos horizontes subsuperficiales bien marcados, un horizonte E eluvial y otro fuertemente iluvial (argílico), además de un nivel parcialmente cementado a los 100 cm de profundidad, con nódulos de hierro y manganeso.

Todas las unidades descritas poseen aptitud agrícola-ganadera. No se han reconocido limitantes edáficas importantes, estando condicionado su uso únicamente por elevadas temperaturas y/o escasas precipitaciones (Capacidad de Uso: IIIc).

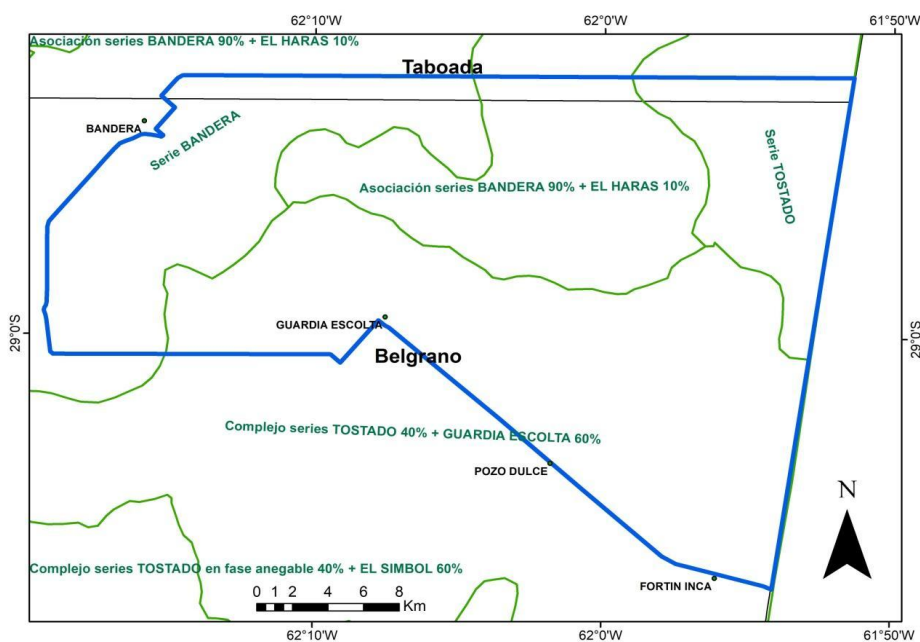


Figura 3. Unidades cartográficas de la Carta 1:250.000 presentes en el área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de la carta de suelos 1:250.000 (Peña Zubiarte et al., 1978).

2.2.4. Caracterización climática

El sector centro-este del Departamento Belgrano pertenece al Chaco subhúmedo central (transición entre Chaco semiárido y Chaco húmedo), caracterizado por una alta variabilidad pluviométrica (Ginzburg et al., 2007; Morello et al., 2012).

Para la descripción climática, la variable precipitaciones se analizó a partir de los registros de la AER INTA Bandera, tomados con pluviómetro convencional (Omar Puig, comunicación personal) y de los datos de la estación

Ceres Aero, provincia de Santa Fe (Servicio Meteorológico Nacional, 2023). En cuanto a la temperatura, se analizaron datos correspondientes al establecimiento del productor Wybe Udeña (comunicación personal), ubicado a 20 km aproximadamente al este de Bandera ($28^{\circ} 52' 06,3''$ S / $62^{\circ} 03' 56''$ W), y a la estación Ceres Aero ($29^{\circ} 53' S / 61^{\circ} 57' W$), a 114 km aproximadamente al sureste del área de estudio (Servicio Meteorológico Nacional, 2023). En tanto, la velocidad del viento a 2 m de altura, la radiación solar, la heliofanía efectiva y la humedad relativa ambiente media, se obtuvieron de la estación meteorológica automática que se encuentra en la AER INTA Bandera ($28^{\circ} 53' 29,17''$ S / $62^{\circ} 16' 22,48''$ W) (INTA, 2023) (figura 4).

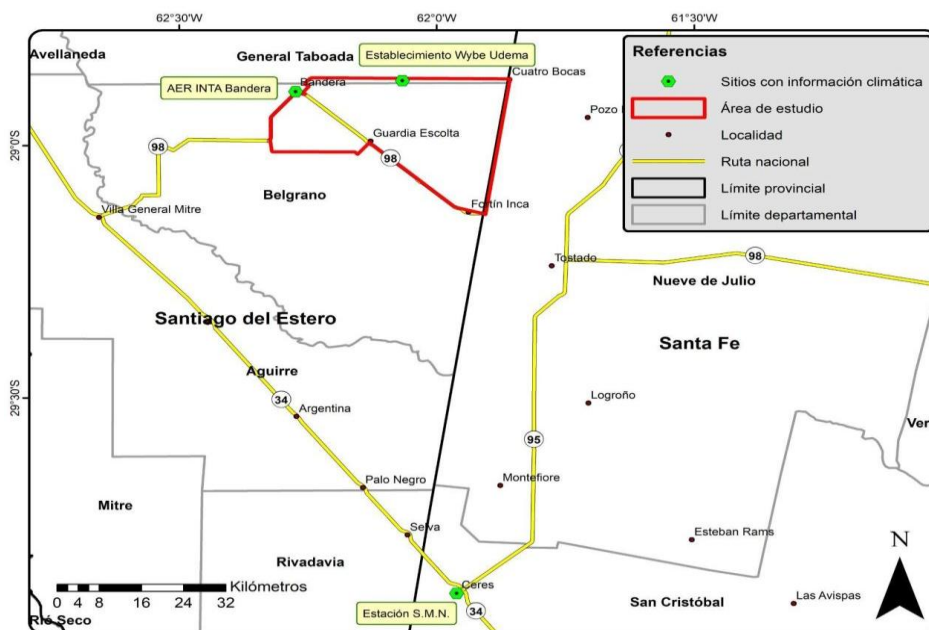


Figura 4. Localización de los sitios de toma de los datos de las variables climáticas.
Fuente: elaboración propia.

Precipitaciones

Para el periodo 1980-2021, la precipitación media anual es de 889 mm (± 212) (Omar Puig, comunicación personal). La estación húmeda comprende los meses de noviembre a marzo con 630 mm acumulados, mientras que la seca se extiende desde junio a agosto con 38 mm acumulados (tabla 1 y figura 5). Estos datos reflejan que existe una distribución heterogénea de las lluvias en el año, coincidiendo con los resultados publicados por Giménez (2016). Este autor indica que la zona presenta un régimen monzónico, concentrándose más del 70 % de las lluvias en el semestre cálido (noviembre a marzo), y señala que la precipitación media histórica es de 975 mm para el periodo 1971-2014, con una alta variabilidad interanual (CV 30 %).

Tabla 1. Estadística descriptiva de precipitaciones mensuales (mm) de la localidad de Bandera (serie 1980-2021).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Media	142	134	112	87	33	14	10	14	31	71	116	126	889
Mediana	128	127	110	62	16	5	5	5	17	50	104	111	883
DE	78	79	58	71	47	22	13	25	34	59	53	84	212
Mínimo	20	29	15	0	0	0	0	0	0	9	43.8	3	378
Máximo	324	339	331	346	251	103	47	115	131	229	262	396	1253
CV (%)	55	59	52	82	146	159	137	183	108	83	46	67	24

Fuente: elaboración propia a partir de los registros de la AER INTA Bandera.

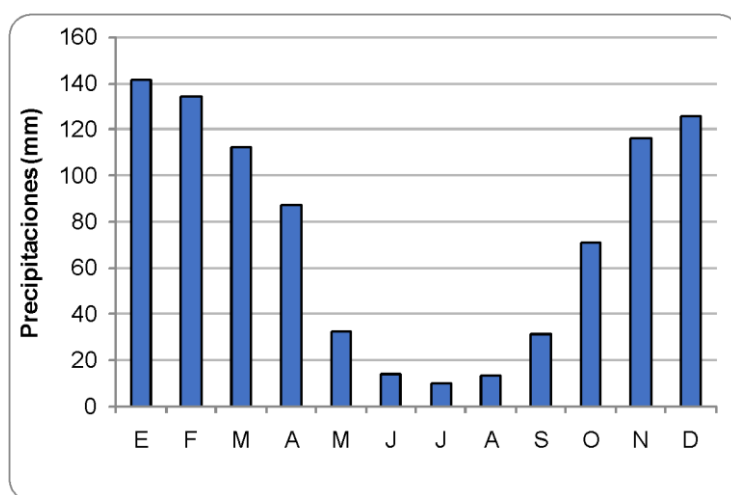


Figura 5. Precipitación media mensual (mm) de la localidad de Bandera (serie 1980-2021).

Fuente: elaboración propia a partir de los registros de la AER INTA Bandera.

Para el periodo 1991-2020 la localidad de Ceres presentó una precipitación media de 943 mm, concentrando 651 mm entre los meses de noviembre y marzo, y sólo 39 mm entre junio, julio y agosto (figura 6).

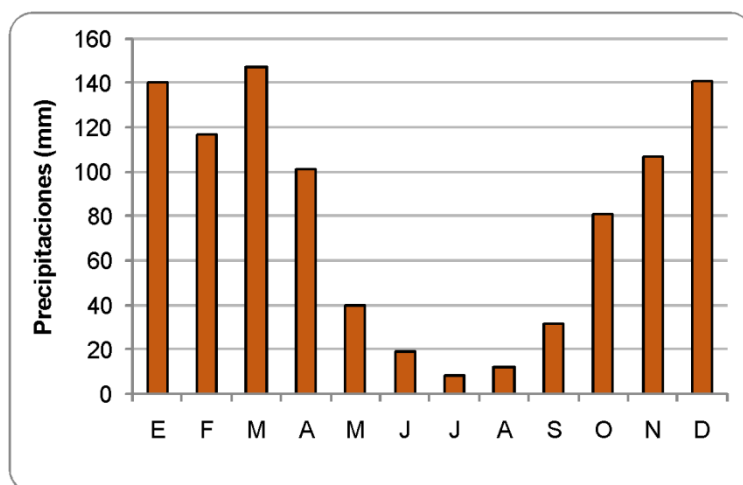


Figura 6. Precipitación media mensual (mm) de la localidad de Ceres (serie 1991-2020).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Servicio Meteorológico Nacional, 2023.

Temperatura

Según la clasificación de Torres Bruchmann (1981), el Departamento Belgrano se caracteriza por un régimen térmico subcálido. Para el periodo 2003-2021, la temperatura media anual es 21,7 °C y varía entre 28,6 °C en enero y 14,3 °C en julio, por lo que la amplitud térmica media anual es de 14,3 °C (tabla 2) (Udema, comunicación personal). En este sentido, Giménez (2016) determinó valores similares para una serie más larga (1971-2014): la temperatura media anual de la ciudad de Bandera fue de 21 °C, con temperaturas de 15 °C aproximadamente en invierno y 27-28 °C en verano. En el periodo estival, la probabilidad de ocurrencia de días con temperaturas elevadas (temperatura máxima ≥ 35 °C) fue alta (>30 %) entre fines de noviembre y febrero, y muy alta (>45 %) entre fines de diciembre y enero. Además, menciona que el periodo libre de heladas se extendió entre mediados de octubre y mediados de abril para el periodo analizado.

Tabla 2. Temperaturas medias, mínimas y máximas medias en casilla a 1,5 m de altura (°C) para la localidad de Bandera (serie 2003-2021).

Mes	Mínima media	Máxima media	Media
E	22,2	35,1	28,6
F	20,8	33,8	27,3
M	18,5	30,8	24,6
A	16,3	27,3	21,8
M	12,2	22,7	17,5
J	9,1	20,4	14,7
J	8,0	20,6	14,3
A	9,1	24,2	16,7
S	11,9	26,8	19,4
O	15,8	30,1	23,0
N	17,9	32,2	25,0
D	20,4	34,3	27,4
Año	15,2	28,2	21,7

Fuente: elaboración propia a partir de datos aportados por el productor Wybe Udema.

En la tabla 3 se presentan las temperaturas medias, máximas y mínimas medias de la localidad de Ceres, provincia de Santa Fe, para el periodo 1991-2020 y las temperaturas absolutas del periodo 1961-2020 (Servicio Meteorológico Nacional, 2023).

Tabla 3. Temperaturas medias, mínimas y máximas medias y absolutas en casilla a 1,5 m de altura (°C) de la localidad de Ceres (serie 1991-2020).

Mes	Media	Máxima media	Mínima media	Máxima absoluta	Mínima absoluta
E	25,5	32,3	19,4	43,7	9,7
F	24,3	31,1	18,6	42,3	5,6
M	22,5	29,3	17,0	39,9	3,8
A	19,1	25,5	14,1	38,4	0,5
M	15,5	22,0	10,7	34,6	-5,8
J	12,7	19,4	7,8	32,1	-6,2
J	11,6	19,1	6,1	34,9	-6,6
A	14,0	22,2	7,5	38,6	-6,0
S	16,7	24,5	10,1	41,2	-2,6
O	20,0	27,1	13,7	41,0	1,4
N	22,4	29,3	15,9	43,1	3,9
D	24,6	31,4	18,1	43,2	7,0
Año	19,1	26,1	13,3	43,7	-6,6

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2023.

Viento

De acuerdo con Boletta (1988), los vientos predominantes en el Chaco seco provienen de los cuadrantes sur y norte. Estos últimos son calientes y desecantes a fines del invierno e inicio de la primavera.

Los datos brindados por la estación meteorológica de la AER INTA Bandera indican que los vientos dominantes para el periodo 2016-2022 son los del este y del sur. La velocidad media anual del viento a 2 m de la superficie del suelo es de 5,0 km/h, con un máximo en agosto (6,7 km/h) y un mínimo en marzo (3,7 km/h) (tabla 5), mientras que la velocidad máxima media más elevada se dio en el mes de noviembre (29,7 km/h) y la menor en marzo (21,7 km/h). Estos valores implican que nos encontramos ante un régimen de vientos leves, aunque las velocidades máximas absolutas pueden llegar a ser muy elevadas (tabla 4).

Tabla 4. Velocidad media y máxima mensual del viento a 2 m de altura (km/h) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Media	5,0	3,9	3,7	4,1	3,8	4,1	5,2	6,7	6,0	6,5	6,2	5,2
Máxima media	26,5	23,3	21,7	22,1	22,1	22,4	23,6	28,1	27,6	29,1	29,7	27,2
Máxima absoluta	78,3	73,0	55,0	82,1	64,3	60,3	58,5	63,4	74,0	70,1	65,8	85,4

Fuente: elaboración propia a partir de datos de INTA (2023).

Radiación solar

La radiación solar es fundamental para el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos debido a que interviene en procesos como la fotosíntesis y fotomorfogénesis.

La información de radiación global media para el periodo 2016-2022 de la estación meteorológica de la AER INTA Bandera se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Radiación global media (Mj/m²) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022).

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
20,4	18,4	13,8	9,6	6,9	6,0	8,1	11,0	13,8	15,5	18,1	19,5	13,1

Fuente: INTA, 2023.

Heliofanía efectiva

La Heliofanía o duración del brillo solar se determina dividiendo la duración del brillo solar (horas) por la cantidad de horas de sol para un lugar específico. Es decir que depende de la latitud, época del año y es modificado por el relieve del lugar. Los datos de la estación meteorológica de la AER INTA Bandera para el periodo 2016-2022 se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Heliofanía efectiva media (horas) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022).

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
7,6	7,0	5,6	4,7	3,8	3,5	3,9	5,2	6,0	6,4	6,7	7,2	5,6

Fuente: INTA, 2023.

Humedad relativa

Los datos de Humedad relativa ambiente media de la estación meteorológica de la AER INTA Bandera para el periodo 2011-2022 se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Humedad relativa media (%) para la localidad de Bandera (serie 2016-2022).

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
62,2	70,0	72,7	77,9	66,3	63,7	63,9	58,3	53,1	57,3	52,7	56,4	62,8

Fuente: INTA, 2023.

Evapotranspiración potencial

En base a los datos de precipitación y temperatura se calculó la Evapotranspiración potencial (ETP) corregida con el método de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948; Thornthwaite y Hare, 1955), la cual varía en función de la fuente de información que se use para la variable temperatura, pero siempre

supera los 1000 mm (tabla 8). Por lo tanto, la ETP supera ligeramente a las precipitaciones. Giménez (2016) determinó que la evapotranspiración de referencia (ET_o), estimada con el método de Priestley-Taylor, es de 1450 mm para el periodo 1971-2014 con baja variabilidad interanual (CV 6 %).

Tabla 8. Evapotranspiración potencial corregida con el método de Thornthwaite (mm).

Localidad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Bandera ¹ 2003- 2021	137	118	133	129	51	33	31	44	58	86	96	121	1037
Ceres ² 1981-2010	166	142	172	149	60	36	30	46	64	97	118	148	1229

¹ Fuente: elaboración propia a partir de datos de UdeMa, comunicación personal.

² Fuente: elaboración propia a partir de datos del Servicio Meteorológico Nacional, 2023.

2.2.5. Vegetación

El área de estudio está ubicada en la región denominada Neotropical, en el Dominio Chaqueño, específicamente en la Provincia Chaqueña y dentro de ella, en el Distrito Chaqueño Occidental (Cabrera, 1994), caracterizado por el predominio de *Schinopsis* y *Aspidosperma* (figura 7). Concretamente se encuentra en la subregión “Chaco de parques y sabanas secas”, definida como una faja extensa situada entre el Chaco leñoso y Chaco de pastizales y sabanas, donde alternan pastizales y bosques.

Las especies de uso forestal predominantes son el quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*), el quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), el itín (*Neltuma kuntzei*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) (Morello, 1968; Morello et al., 2012). Además, encontramos algarrobo negro (*Neltuma nigra*) y brea (*Parkinsonia glauca*) en el estrato más alto, tusca (*Vachellia aroma*), jarilla (*Larrea divaricata*), garabato (*Senegalia praecox*) y piquillín (*Condalia microphylla*) en el estrato medio, y *Leptochloa crinita* y *Digitaria californica* en el estrato herbáceo. En los paleocauces aparecen pastizales compuestos predominantemente por aibe (*Elionurus muticus*) (Peña Zubiarte et al., 1978). En las figuras 8 a 11 se muestran algunas de las especies encontradas en el área de estudio durante los relevamientos de campo.

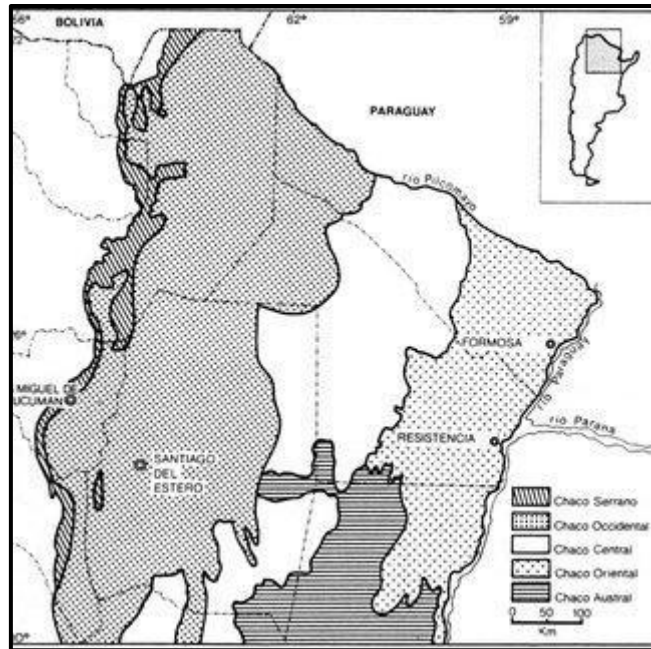


Figura 7. Subregiones de vegetación en la región Chaqueña (extraído de Morello, 1968).



Figura 8. Quebracho colorado chaqueño (izquierda) y santiagueño (derecha).
Fotos: Amanda Vizgarra.



Figura 9. Quebracho blanco (izquierda) y Algarrobo negro (derecha).
Fotos: Amanda Vizgarra.



Figura 10. Árbol de Itín (izquierda) y flor del Chañar (derecha).
Fotos: Amanda Vizgarra y Laura Mas.



Figura 11. Especies herbáceas: Pappophorum sp. (izquierda) y Aibe (derecha).
Fotos: Amanda Vizgarra.

2.2.6. Uso de la tierra

El Departamento Belgrano es uno de los polos agropecuarios en Santiago del Estero. De acuerdo al Proyecto de Monitoreo de Deforestación en el Chaco Seco, hasta el año 2019 más del 70 % de la superficie de monte nativo del departamento había sido transformada a uso agropecuario (figura 12) (Monitoreo de desmonte, 2023).

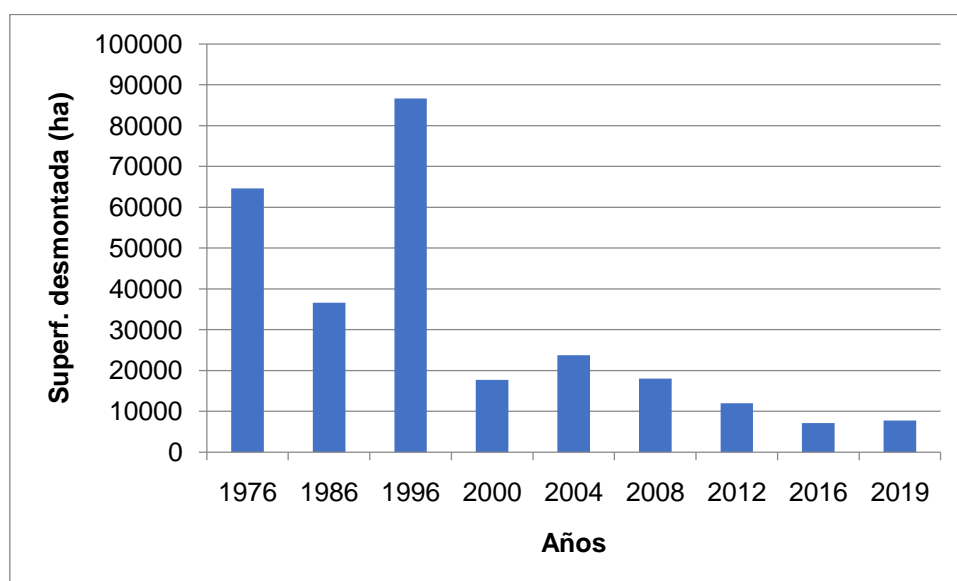


Figura 12. Superficie deforestada hasta el 2019 en el Dpto. Belgrano.
Fuente: Monitoreo de desmonte, 2023.

Actualmente, la producción agrícola es la más importante en la zona, favorecida por el sistema de siembra directa con rotaciones principalmente de soja-maíz o maíz-trigo/soja, los precios de mercado y el incremento de las precipitaciones (Volante, 2014). La soja es el cultivo preponderante, seguido por maíz, sorgo, algodón, trigo y girasol. El maíz y sorgo son utilizados para la incorporación de gramíneas en la rotación. El trigo se emplea como producto secundario en sistemas de cultivo doble, o para generar cobertura, cuando hay escenarios climáticos y/o de precios favorables.

Para la campaña agrícola 2021/2022 se presenta la superficie de los principales cultivos sembrados en el Dpto. Belgrano en la tabla 9 (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2023).

Tabla 9. Superficie sembrada (ha) durante la campaña 2021/22 en el Dpto. Belgrano.

Cultivos	Soja	Maíz	Girasol	Sorgo	Algodón	Trigo
Superficie	114075	49000	6150	8200	23000	92900

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2023.

Por su parte, la producción ganadera predominante es la bovina, que consiste generalmente en un sistema de producción de ciclo completo destinando para el mismo los lotes de menor calidad, sin un manejo adecuado del rodeo, y sin implementar una cadena forrajera adecuada, observándose las consecuencias en los meses de invierno y comienzo de la primavera. La alimentación se basa en la implantación de pasturas megatérmicas como el gatton panic (*Megathyrsus maximus*) y buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). El Dpto. Belgrano cuenta con un total de aproximadamente 51.000 cabezas de ganado de acuerdo con los últimos datos publicados por SENASA (2023), que se presentan desglosados por categoría en la tabla 10.

Tabla 10. Existencias bovinas del Dpto. Belgrano al 31/12/2021.

Categoría	N° de Cabezas
Vacas	22.738
Vaquillonas	10.129
Novillos	2.949
Novillitos	7.588
Terneros	3.244
Terneras	3.247
Toros	980
Toritos	306
Total Bovinos	51.181

Fuente: SENASA, 2023.

2.2.7. Contexto hidrológico

Durante los últimos años, el área de estudio ha experimentado recurrentes situaciones de anegamiento que comprometen seriamente la producción agrícola en la región. Los registros del nivel freático posteriores a 2015 sugieren que se ha alcanzado una nueva condición hidrológica en la cual gran parte del área estudiada presenta niveles freáticos que fluctúan dentro de los primeros 300 cm de profundidad (Schefer et al., 2020). Esta condición, se atribuye principalmente a los cambios eco-hidrológicos devenidos en la región, debido al reemplazo masivo de la vegetación perenne nativa (bosques y pastizales) por sistemas de cultivo anuales de bajo consumo de agua, durante las últimas 3 décadas (Giménez et al., 2015). La menor capacidad evapotranspirativa y de profundización radical de los cultivos predominantes, contribuyó a la generación y acumulación de pulsos de drenaje profundo, que progresivamente abastecieron la recarga freática.

Ante la inexistencia o imposibilidad de realizar obras hidráulicas para manejar eficientemente los excesos hídricos, la única vía que tienen los productores de influenciar la dinámica freática, es a través del consumo que puedan realizar los cultivos, por lo que la elección de las rotaciones agrícolas, variaciones en la fecha de siembra o la elección entre manejos agrícolas sólo con cultivos de verano o con cultivos dobles, pueden provocar fuertes contrastes, tanto en la recarga como en la descarga freática (Nosetto et al., 2015).

2.3. Metodología de trabajo

La elaboración de la carta de suelos del norte del Departamento Belgrano se organizó en las siguientes etapas:

2.3.1. Gabinete

Recopilación y análisis de antecedentes

Para la elaboración del material preliminar, con el que se programaron los relevamientos de suelos, se consultaron las siguientes fuentes: antecedentes geológicos y geomorfológicos (Castellanos, 1968; Iriondo, 1993, 1997; Ramos, 1999; Ramos et al., 2002; Cobbold et al., 2007), Carta de suelos de los Departamentos de Belgrano y General Taboada (Peña Zubiarte et al., 1978) y el Mapa Geológico y de Suelos de Santiago del Estero, que comprende el área entre las localidades de La Paloma, Taboada y Selva (Cervelli et al., 1982).

Elaboración del mapa geomorfológico

Las unidades geomorfológicas se delimitaron con el apoyo de fotografías aéreas e imágenes satelitales LANDSAT 5 TM (1986 y 1990), LANDSAT 7 (2000), LANDSAT 8 OLI (2015 y 2016) y SENTINEL (2016, 2017, 2020 y 2021). 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.

Los límites de las unidades geomorfológicas fueron posteriormente chequeados a campo y reajustados en base al relevamiento de suelos a campo.

2.3.2. Relevamiento de suelos a campo

Esta etapa comprendió la caracterización del paisaje y el estudio de suelos dentro de las unidades geomorfológicas, siguiendo las normas propuestas por Schoeneberger et al. (2012).

Los trabajos iniciales se realizaron aplicando la metodología propuesta por Villota (1997) y citada por Kurtz et al. (2018). Ésta consiste en la selección de Áreas Muestra (AM) en función de su representatividad paisajística, extensión geográfica, heterogeneidad, uso acorde al manejo habitual de la zona y facilidad de acceso. En estos sitios se realiza un relevamiento más intensivo mediante pozos de exploración; luego los límites se extrapolan hacia afuera de las áreas de muestreo intenso. Se definieron 23 AM y se realizaron 59 pozos de observación, cubriendo un 19 % aproximado del área de estudio (figura 13).

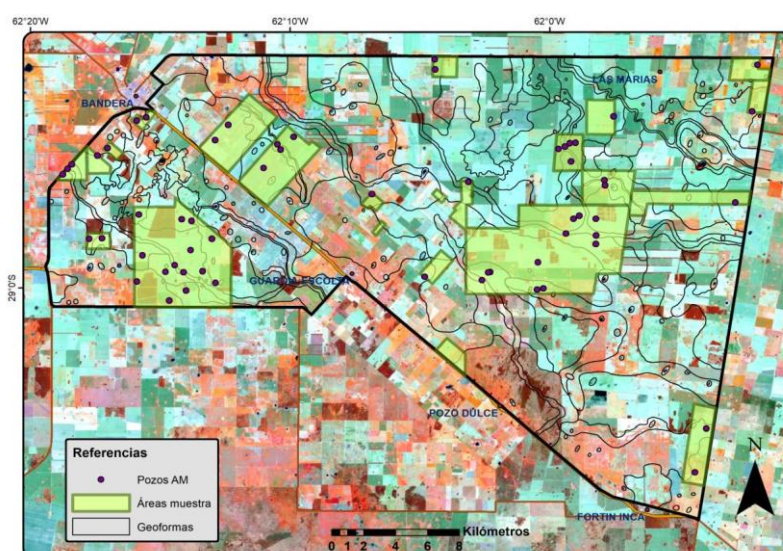


Figura 13. Áreas muestra seleccionadas para el relevamiento de campo y pozos de observación realizados.

Luego del análisis de los antecedentes y la información generada de las primeras observaciones, resultó evidente que la metodología planteada no era la adecuada para llevar adelante el mapeo de la zona. Por un lado, el mapa de suelos a escala 1:250.000 (Peña Zubiarte et al., 1978) menciona la existencia de asociaciones y complejos¹; en estos últimos coexisten diferentes tipos de suelos de manera irregular en el paisaje, a cortas distancias, que las AM no lograrían representar. Por otra parte, el modelo de elevación digital permite visualizar la escasa variabilidad en la pendiente (figura 14), lo que dificulta el trazado de geformas bien definidas ya que sus límites son graduales o difusos. En consecuencia, se decidió muestrear todas las unidades geomorfológicas del área para definir las unidades cartográficas y taxonómicas de manera precisa y detallada.

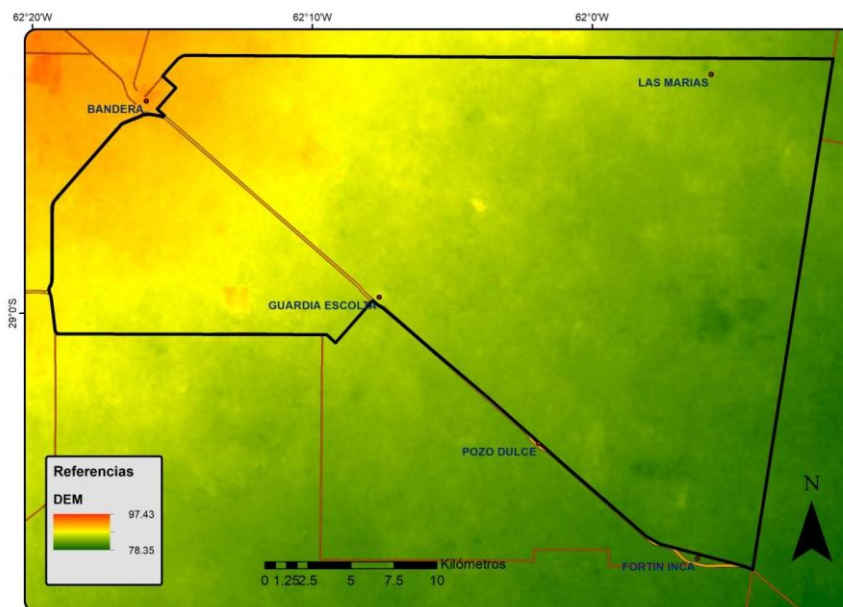


Figura 14. Modelo de elevación digital del terreno.
Fuente: elaboración propia a partir de Yamazaki et al. (2017).

La densidad de muestreo se definió de acuerdo a la escala de relevamiento (Rossiter y Vargas Rojas, 2004) y a la accesibilidad (rutas y caminos secundarios) de los sitios establecidos para la realización de los pozos de observación a partir de las imágenes satelitales.

¹ Una asociación se refiere a un área integrada por dos o más suelos, insertos en un determinado patrón de paisaje y que eventualmente se pueden separar a mayor escala, mientras que un complejo agrupa suelos diferentes muy entremezclados entre sí y que en relación de escala no se justifica su separación.

2.3.3. Estudio del suelo en los pozos de observación

El relevamiento de los suelos a campo se realizó mediante el cavado de pozos de observación, de aproximadamente un metro de profundidad y 70-80 cm de ancho y largo.

La descripción de los pozos incluye dos partes: una caracterización del paisaje en el que se encuentra inserto el perfil y el análisis de los aspectos morfológicos del suelo, información que se plasma en una ficha edafológica siguiendo las normas propuestas por Etchevehere (1998) y Schoeneberger et al. (2012) (figura 15). La primera sección contiene datos generales y de carácter externo, como ubicación geográfica, paisaje, vegetación, material originario, relieve y posición, etc. En la segunda se realiza el estudio morfológico del suelo, en el que se identifican los horizontes y se describen sus características (profundidad, límite, color, textura, etc.).

En cada pozo de exploración se tomaron muestras de los horizontes, algunas de las cuales se enviaron a laboratorio en función del análisis de la ficha edafológica para determinar si los suelos eran salinos, sódicos o salino-sódicos.

RESPONSABLE: <u>Luis F. F. Comberg, M. L. L.</u> FECHA: <u>18/5/22</u>		OBSERVACIÓN N° <u>006A</u>	
MOSAICO:	RECORRIDO:	AEROFOTO:	
SERIE:	FASE:		
SÍMBOLO:	GRAN GRUPO: <u>Reguajol reguajol</u>		
CLASIFICACIÓN UTILITARIA:	Limitaciones Principales		
Símbolo: <u>III WS</u>			
UBICACIÓN:	Latitud: <u>28.9242° S</u>	Longitud: <u>61.7856° W</u>	
PAISAJE: <u>plaza baja</u>	tipo:	forma:	ambiente:
Altura sobre el nivel del mar: <u>605.95</u>	Exposición de ladera:		
VEGETACIÓN NATURAL O CULTIVOS: <u>rubro y sij</u>			
MATERIAL ORIGINARIO: <u>volcánico</u>	DRENAJE: clases 0 1 2 3 4 5 6		
RELIEVE: PRONUNCIADO NORMAL <u>SUBCORTICAL</u> CÓNCAVO	PELIGRO de ANEGAMIENTO: clase 1 clase 2 clase 3 clase 4 clase 5		
POSICIÓN: Loma Media loma alta Media loma baja Baja	DISTRIBUCIÓN de la HUMEDAD: <u>uniforme</u> seco fresco húmedo mojado		
PENDIENTE: Clases (%) 0 1-2% 3-10% 10-25% 25-40% +40%	COBERTURA VEGETAL (%): <u>90%</u> PROFUNDIDAD DE LA NAPTA: <u>1 metro</u>		
ESCURRIMIENTO: (Grados) 0 estancado 1 muy lento 2 lento 3 medio 4 rápido 5 muy rápido	SALES o ALCALIS: clase 0 clase 1 clase 2 clase 3 clase 4		
PERMEABILIDAD: (Clases) 1 muy lenta 2 lenta 3 moderada 4 moderada 5 rápida 6 muy rápida	REDREGOSIDAD o RODOSIDAD: grado 0 grado 1 grado 2 grado 3 grado 4 grado 5		
EROSIÓN: (Clases) X0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	USO de la TIERRA: A P F H B S X U		

PAISAJE

HORIZONTE PROFUNDIDAD (cm)	LÍMITE tipo	COLOR M en seco M en húmedo	TEXTURA	ESTRUCTURA tipo, clase o grado	CONGREGACIÓN				pH	COCL	CONDUCTIVIDAD eléctrica	DISPERSIÓN en agua	MOTILIDAD	HUMEDAD	PAREDES	FORMACIONES ESPECIALES
					S	H	M	adhes								
A 0-20	C	5.0 7.0/5.0	FL	h. granular grado 4					8							F R
E 20-28	S	4.0 5.0/4.0	FL	h. medio grado 4					8							F V
Bt 28-46	C	5.0 6.0/5.0	FAL	h. granular grado 4					8							F -
BK 46-62	S	5.0 6.0/5.0	FAL	h. granular grado 4					8							F -
AL 62-80+	S	5.0 6.0/5.0	FL	h. granular grado 4					8							F -

OBSERVACIONES:
 • de 4 m 2 cm de ϕ
 • 4 bins conitos pesados (4 Fe y 4n)
 • " " " " " "
 Se toman 5 muestras

SUELO

Figura 15. Ficha edafológica de un pozo de observación (006A).

En total se realizaron 121 pozos de observación en 8 campañas. En gabinete se analizó la información de las fichas edafológicas y los análisis de laboratorio, y a partir de ello se seleccionaron 10 pozos en los que se excavaron las calicatas utilizadas como perfiles modales tentativos (figura 16).

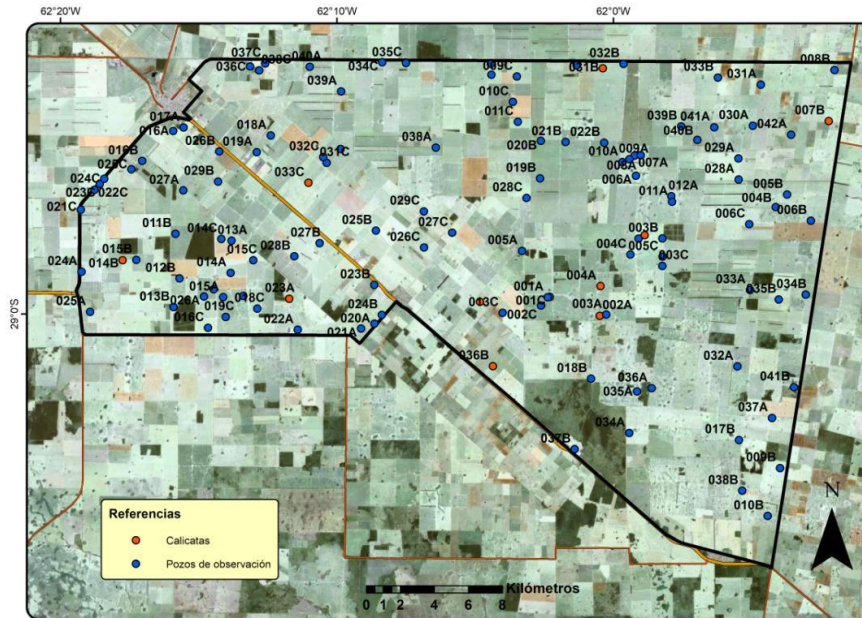


Figura 16. Pozos de observación y calicatas.

En las figuras 17 a 21 se exhiben algunas de las tareas realizadas durante los trabajos a campo.



Figura 17. Primera campaña de relevamiento de suelos: planificación en gabinete (izquierda) y descripción de un pozo de observación (derecha).



Figura 18. Excavación de un pozo de observación (izquierda) y calicata 04A lista para describir (derecha).

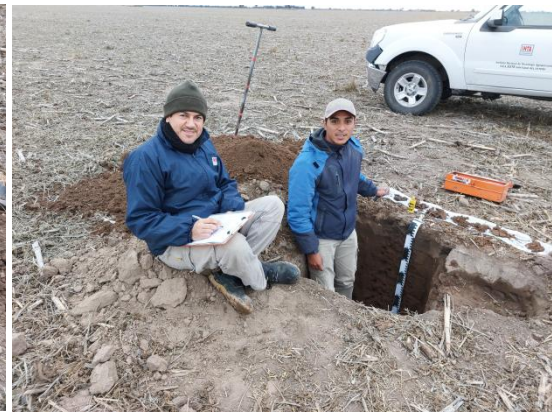


Figura 19. Pozo de observación (izquierda) y reconocedores describiendo el suelo (derecha).

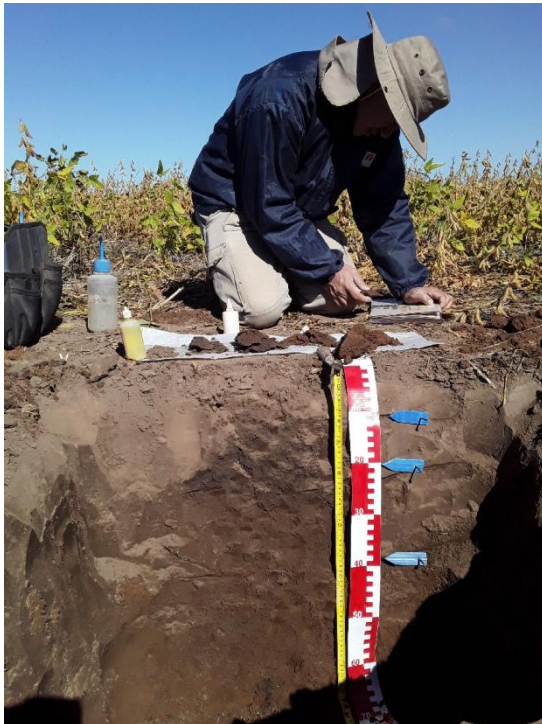


Figura 20. Determinación de color con tabla Munsell (izquierda) y de profundidad de zona saturada con barreno (derecha).



Figura 21. Delimitación de horizontes en pozo de exploración (izquierda) y de pH por método colorimétrico (derecha).

2.3.4. Análisis de las muestras en laboratorio

Preparación de las muestras

Las muestras de los pozos y calicatas fueron secadas al aire, molidas y tamizadas a fin de obtener la fracción <math><2\text{ mm}</math>, en las instalaciones de la EEA INTA Quimilí.

Propiedades químicas

Las muestras de los pozos de observación seleccionadas para realizar análisis químicos se enviaron al Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Vegetales de la EEA INTA Santiago del Estero, donde se determinó pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y Na de acuerdo a las técnicas mencionadas en la tabla 11. Estos resultados se encuentran en el Anexo I.

Las determinaciones químicas y físico-químicas de las muestras de las calicatas se efectuaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Cátedra Edafología perteneciente a la Facultad Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) y en el Laboratorio de Suelos de la Cátedra de Edafología, Dpto. de Recursos Naturales y Ambiente de la Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires. Las técnicas empleadas para la

determinación de las propiedades químicas de las muestras se especifican en la tabla 11.

Tabla 11. Metodología aplicada para determinación de propiedades químicas.

Parámetro	Unidad	Metodología	Referencia
pH actual		Suspensión 1:2,5 en agua	Hissink (1930)
pH potencial		Suspensión 1:2,5 en KCl 1M	Richards (1954)
pH hidrolítico		Suspensión 1:2,5 en CaCl ₂ 0.01 M	Greweling y Peech (1965)
Conductividad eléctrica	mS/cm	Conductimetría en el extracto de saturación	Richards (1954)
Carbono oxidable	%p/p	Oxidación sulfocrómica a escala micro (Walkley-Black modificado)	Walkley (1947)
Nitrógeno orgánico	%p/p	Digestión sulfúrica a escala semi-micro (Kjeldahl modificado)	Bremner (1960)
Fósforo extractable	ppm	Bray-Kurtz I	Bray y Kurtz (1945)
Ca y Mg intercambiables	cmol/kg	Extracción con Acetato de NH ₄ a pH 7	Sparks (1996)
Na y K intercambiables	cmol/kg	Extracción con Acetato de NH ₄ a pH 7	Sparks (1996)
CIC	cmol/kg	Saturación con Acetato de NH ₄ a pH 7	Peech (1945)
CIC	cmol/kg	Saturación con Acetato de Na a pH 8,2	Bower et al. (1952)
Carbonato de calcio	%	Volumetría de gases con Calcímetro Scheiblers	Collins (1906)

Propiedades físicas

Las fracciones texturales de las calicatas modales se determinaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Cátedra de Edafología (FCA - UNER) por el método de la pipeta de Robinson (Robinson, 1922).

La densidad aparente se determinó con el método del cilindro en muestras tomadas de las calicatas modales y secadas en estufa a 105 °C (Blake y Hartge, 1986), en la EEA INTA Quimilí.

Algunas Series de suelos definidas en estudios cartográficos previos fueron utilizadas para la identificación de perfiles similares en el área de estudio. Las Series Bandera y El Haras pertenecen a la Carta de Suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada (Peña Zubiarte et al., 1978) y la Serie Margarita a la cartografía semidetallada de suelos de la provincia de Santa Fe a escala 1:50.000 (<http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/index.htm>). En todos los casos, los perfiles modales de estas Series fueron descritos dentro del área de estudio o en sus cercanías, dentro de los mismos ambientes geomorfológicos (figura 22).

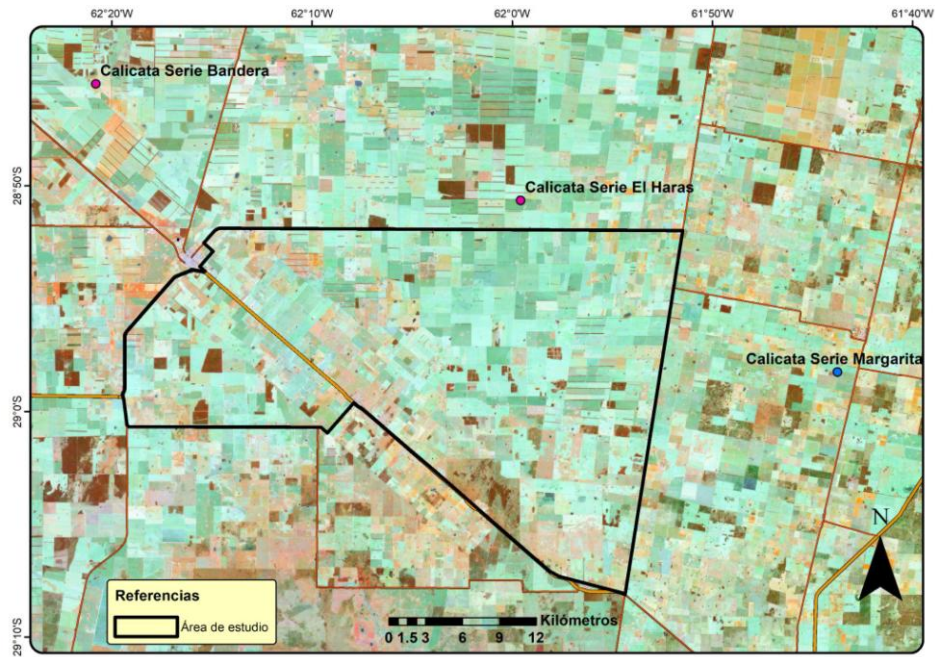


Figura 22. Ubicación de las calicatas modales de las Cartas de Suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada y de la provincia de Santa Fe.

3. RELACIÓN PAISAJE-SUELO

La relación paisaje-suelo aplicada a la cartografía de suelos es imprescindible debido a que las formas del terreno controlan la formación y distribución de los suelos y el desarrollo de estos últimos influye en la evolución del paisaje geomorfológico. El enfoque geopedológico, que integra el estudio de las relaciones entre geomorfología y pedología, es útil para el mapeo de suelos ya que permite clarificar el modelo de distribución de suelos en el paisaje y priorizar áreas de relevamientos faltantes o incrementar la escala. Es un sistema de clasificación taxonómico jerárquico de geoformas que consiste en 6 categorías (Zinck, 1988), las cuales se describen a continuación:

1. Geoestructura: describe la extensa porción continental caracterizada por su macro-estructura geológica;
2. Ambiente morfogenético: se refiere al medio biofísico originado y controlado por la geodinámica interna y/o externa;
3. Paisaje geomorfológico: comprende a una porción de terreno que posee rasgos fisiográficos y consiste en una repetición de tipos de relieves similares o disímiles;
4. Relieve/modelado: caracteriza el tipo de relieve originado por una combinación de topografía y estructura geológica;
5. Litología/facies: define la naturaleza petrográfica de las rocas duras u origen de las formaciones no consolidadas de cobertura.
6. Forma del terreno: se estudian los componentes externos e internos de las geoformas. Para ello se utilizan sensores remotos o modelos digitales de elevación con la finalidad de identificar y clasificar las geoformas (Bedendo et al., 2016). En tanto, para los componentes internos se realizan mediciones de campo y análisis de laboratorio con el objetivo de determinar los atributos geomorfogenéticos (Tricart, 1965a, 1965b).

Las primeras cinco categorías se definieron en base a los antecedentes descritos en la caracterización del área de estudio (tabla 12). En la categoría forma del terreno, se determinaron siete unidades geomorfológicas: planicie suavemente ondulada, planicie deprimida, planicie deprimida anegable, cubetas interconectadas, cubeta bien manifiesta, vía de escurrimiento y depresión anegable (tabla 12 y figura 23).

Tabla 12. Categorías del sistema geopedológico.

Geoestructura		Cuenca Chaco-paranaense					
Ambiente morfogenético		Deposición de sedimentos fluviales y eólicos					
Paisaje geomorfológico		Chaco Oriental de la Llanura Chaqueña					
Relieve		Cuenca de los Bajos Submeridionales / Mega-abanico fluvial del río Salado-Juramento					
Litología/Facies		Aluvial/eólico					
Forma del terreno	Planicie suavemente ondulada	Planicie deprimida	Planicie deprimida anegable	Vías de escurrimiento	Cubetas interconectadas	Cubeta bien manifiesta	Depresión anegable
Suelos	Haplustoles énticos	Argiustoles ácuicos	Argiustoles ácuicos	Argiustoles típicos	Argiustoles ácuicos	Argiudoles ácuicos	Endoacualfes mólicos
	Haplustoles típicos	Haplustoles típicos	Natrustoles ácuicos	Haplustoles típicos	Argiudoles ácuicos	Argiustoles ácuicos	Natralboles típicos
	Argiustoles ácuicos	Haplustoles énticos	Argialboles argiácuicos	Argialboles argiácuicos	Argialboles argiácuicos	Argialboles argiácuicos	Natrustoles ácuicos
			Argiudoles ácuicos	Natrustoles ácuicos	Natralboles típicos		
			Natralboles típicos	Endoacualfes mólicos			

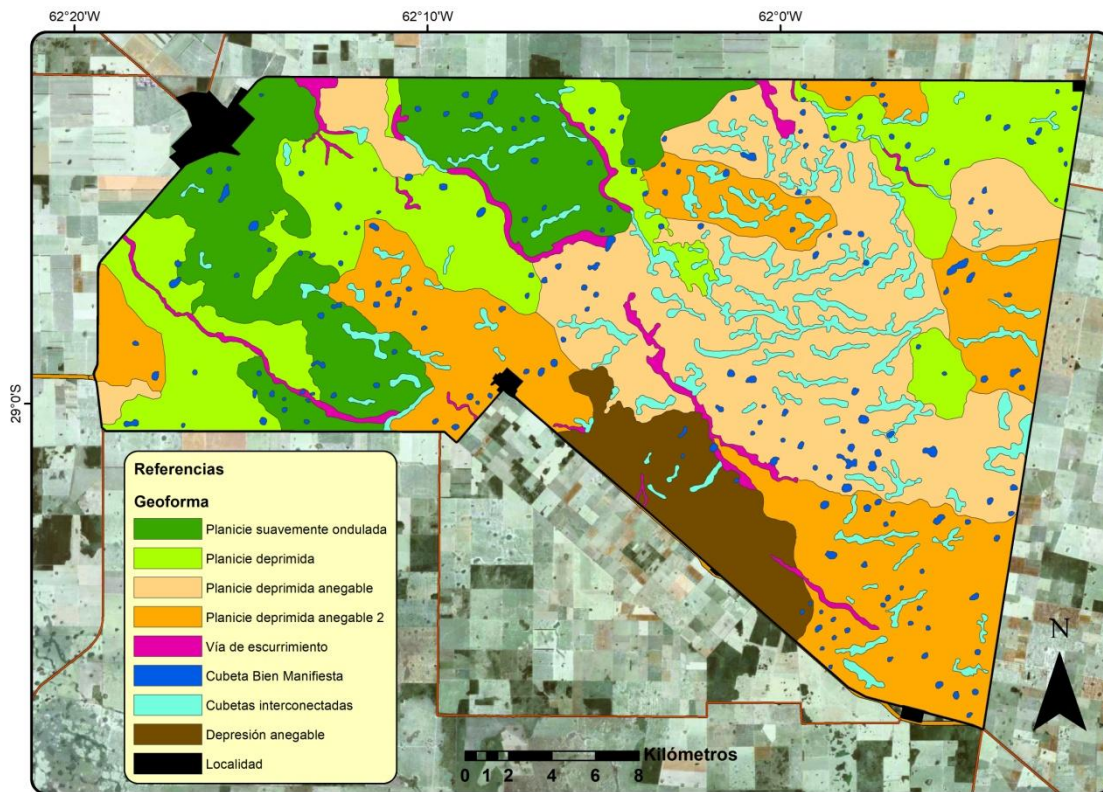


Figura 23. Unidades del paisaje.

- Planicie suavemente ondulada

Esta geoforma se caracteriza por un relieve normal con pendientes de clase 1 (0-1 %) y escurrimiento medio a lento. En general, incluye áreas muy poco o excepcionalmente inundables. Los suelos ubicados en ella poseen permeabilidad moderada a moderadamente rápida y drenaje moderado a bueno, encontrándose mayormente bajo uso agrícola con presencia de manchones salinos en algunos sitios. La profundidad de la zona saturada del suelo se encontró normalmente por debajo de los 200 cm. Se extiende en el sector noroeste con una superficie de 13.413 ha, lo que representa el 15,8 % del área mapeada.

Los suelos reconocidos pertenecen al Orden Molisol; en posición de loma se ubican los Haplustoles énticos (Serie Sotoscueva), en media loma los Haplustoles típicos (Serie Bandera) y en media loma baja los Argiustoles ácuicos (Serie El Colorado).

- Planicie deprimida

La planicie deprimida comprende áreas poco a excepcionalmente inundables, de relieve subnormal, pendientes menores al 1% y escurrimiento lento. Se distribuye mayormente en el sector norte, cubriendo una superficie de 16.613 ha (19,6 % del área). La permeabilidad y el drenaje de los suelos son

moderados. La zona de saturación de agua fue determinada normalmente por debajo de los 200 cm.

Se identificaron Argiustoles ácuicos (Serie El Colorado), Haplustoles énticos (Serie Sotoscueva) y Haplustoles típicos (Serie Bandera).

- Planicie deprimida anegable

Esta unidad geomorfológica predomina en el área estudiada, representa el 48 % del área de estudio y abarca 40.611 ha. Se caracteriza por un relieve subnormal, pendientes menores al 0,5 %, escurrimiento lento y corresponde a áreas poco inundables. La mayoría de los suelos ubicados en esta geoforma son imperfectamente drenados y con permeabilidad moderadamente lenta. La profundidad de la zona saturada del suelo se encontró normalmente entre los 100 y 200 cm.

Los suelos que dominan son Argiustoles ácuicos (Serie El Colorado) y Natrustoles ácuicos (Serie El Mataco).

- Cubetas interconectadas

Son unidades alargadas, de relieve ligeramente cóncavo, que se distribuyen mayormente en el sector este del área estudiada, representan el 6,9 % de la superficie y abarcan 5.872 ha. Presentan escurrimiento lento a muy lento, y suelos con permeabilidad moderadamente lenta a lenta, lo que sumado a su drenaje pobre a imperfecto resulta en áreas inundables. En algunos sectores se observan eflorescencias salinas. La zona de saturación con agua se determinó de los 125 hasta los 250 cm de profundidad.

Los suelos que se describieron en esta unidad son Natralboles típicos (Serie Fortín Inca) y Argiustoles ácuicos (Serie El Colorado).

- Cubeta bien manifiesta

Las cubetas bien manifiestas, ampliamente distribuidas en la carta, representan el 1,6 % del área mapeada con superficies van de 2 a 32 ha, totalizando unas 1.342 ha. Son ambientes inundables, de relieve cóncavo donde los suelos presentan escurrimiento muy lento, permeabilidad lenta y drenaje pobre. La zona saturada de agua fue determinada por debajo de los 150 cm de profundidad.

En esta geoforma se encontraron Argiudoles ácuicos (Serie Margarita) en el centro de la cubeta, y en la aureola externa Argiustoles ácuicos (Serie El Colorado) y Argialboles argiácuicos (Serie Ruta 42).

- Vía de escurrimiento

Son sectores poco inundables, ocupados por antiguos cauces del río Salado, que poseen en general orientación noroeste-sureste, y abarcan 1.961 ha (2,3 % del área mapeada). El relieve es subnormal a ligeramente cóncavo, con escurrimiento lento y suelos de permeabilidad moderadamente lenta y drenaje imperfecto a moderado. La zona de saturación de agua varía entre los 150 a 200 cm.

Los suelos descritos en esta geoforma son Argiustoles típicos (Serie El Haras) y Argialboles argiácuicos (Serie Ruta 42).

- Depresión anegable

La depresión anegable se ubica en el sector sureste, comprende 4.889 ha y representa el 5,8 % del área estudiada. El relieve que presenta esta geoforma es sutilmente cóncavo, en general el escurrimiento es lento, la permeabilidad moderadamente lenta y el drenaje imperfecto, por lo que este sector se considera inundable. El uso de la tierra es ganadero con pasturas naturales e implantadas como alfalfa, siendo el porcentaje de cobertura del suelo de 80 a 100 %. La profundidad de la zona de saturación de agua se detectó dentro de los 300 cm de profundidad.

Los suelos que se identificaron esta geoforma corresponden a los Órdenes Alfisol y Molisol, encontrándose Endocualfes mólicos (Serie Tacurú), Natralboles típicos (Serie Fortín Inca) y Natrustoles ácuicos (Serie El Mataco).

3.1. Suelos

3.1.1. Generalidades

En este apartado se detallan las características de los suelos representativos de cada unidad geomorfológica y su clasificación a nivel de Serie de acuerdo al sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2022). Con esta información, según la génesis y morfología de los perfiles estudiados, se definieron 6 series de suelos nuevas para el ámbito provincial y 3 series se citan de trabajos previos. La serie es un grupo de suelos que poseen similares características debido a que se formaron a partir de un mismo material originario, poseen la misma secuencia de horizontes, etc., aunque se admiten ciertas variaciones. Se identifica una serie con un nombre que puede hacer referencia a una localidad, paraje o establecimiento próximo al lugar donde el suelo fue estudiado o se halla mejor representado.

A partir de la agrupación de las series se establecieron las unidades cartográficas utilizando las metodologías publicadas en el Soil Survey Manual

(Soil Survey Division Staff, 1993) y por Van Wambeke y Forbes (1989). Un mapa de suelos muestra un conjunto de delineaciones identificadas con símbolos. Todas las delineaciones que se identifican con el mismo símbolo constituyen una Unidad Cartográfica de suelos (UC), la cual representa un suelo o una agrupación de suelos vinculados geográficamente. Por lo tanto, las unidades se clasifican en simples o compuestas de acuerdo a si están integradas por uno o más suelos.

Las unidades simples o “Consociaciones” corresponden a paisajes homogéneos y, en consecuencia, los suelos presentan características muy similares como para responder de igual manera ante un mismo uso.

Cuando el paisaje no es homogéneo en cuanto a los suelos, o bien, cuando por razones de escala no ha sido posible separar series individuales, las unidades cartográficas resultantes son compuestas, dentro de las cuales encontramos “Asociaciones” y “Complejos”.

Las Asociaciones reciben los nombres de las Series que las integran y se indica el porcentaje estimado de la superficie ocupada por cada suelo dentro de la unidad. Las Asociaciones pueden ser objeto de estudios más detallados a escalas mayores (>1:20.000), para delimitar con mayor precisión los suelos que incluyen.

Por otra parte, los Complejos están generalmente vinculados a campos bajos o planos con microrrelieve, a bañados, depresiones y/o lomas, donde es posible identificar las series que los integran, pero no separarlas geográficamente. Se subdividen en “Complejos Diferenciados”, cuando pueden estimarse los porcentajes de participación de los componentes taxonómicos, y “Complejos Indiferenciados”, cuando no es posible. En este último caso, la Serie que encabeza la unidad es, aparentemente, la más representativa.

Dada la complejidad de las geoformas identificadas y la presencia de microrrelieves en el terreno (microdepresiones y/o microelevaciones), en este mapa no se han definido Unidades Cartográficas Simples, ni Asociaciones de suelos. Las unidades resultantes integran Complejos Diferenciados e Indiferenciados.

3.1.2. Distribución y clasificación taxonómica de los suelos

En la tabla 13 se presenta la clasificación taxonómica de los suelos reconocidos en el área de estudio. Los suelos tomados de la Carta de Suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada (Peña Zubiarte et al., 1978) se reclasificaron o actualizaron de acuerdo con el Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2022), tomando en cuenta la nueva escala de relevamiento, la mayor cantidad de datos analíticos y la más completa caracterización climática. La Serie Margarita mantuvo su clasificación original.

Tabla 13. Clasificación taxonómica de los suelos del área mapeada.

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Familia textural	Serie	Perfil representativo	
Molisol	Albol	Argialbol	argiácuico	limosa fina	Ruta 42	31B	
		Natralbol	típico	limosa fina	Fortín Inca	2B	
	Udol	Argiudol	ácuico	fina	Margarita		
	Argiustol	ácuico	limosa fina	El Colorado	4A		
		típico	limosa fina	El Haras			
	Ustol	Haplustol	éntico	limosa gruesa	Sotoscueva	23A	
			típico	limosa fina	Bandera		
		Natrustol	ácuico	limosa fina	El Mataco	33C	
	Alfisol	Acualf	Endoacualf	mólico	limosa fina	Tacurú	36B

3.1.3. Descripción de las series de suelos

3.1.3.1. Serie Bandera

Haplustol típico, familia limosa fina, mixta, hipertérmica

Los suelos de esta serie se describen en la Carta de Suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada (Peña Zubiarte et al., 1978). Se encuentran distribuidos en los alrededores de la localidad de Bandera, cubriendo áreas llanas, bastante uniformes y prácticamente sin pendiente, surcadas por antiguos cauces del río Salado, donde se desarrollan los suelos de la Serie El Haras.

Son suelos bien drenados, con escurrimiento lento y permeabilidad moderada, sin problemas de salinidad o alcalinidad. El horizonte superficial es pardo grisáceo oscuro, bien provisto de materia orgánica; todo el perfil tiene textura franco arcillo limosa y los carbonatos se presentan en pequeñas concreciones entre los 100 y 150 cm de profundidad. En el año 1978, algunos suelos de esta serie ya presentaban signos de degradación de acuerdo con la Carta de Suelos anteriormente mencionada.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 16 km al noroeste de la ciudad de Bandera (28° 46' 30" S y 62° 24' 30" W).

A1 0-16 cm; gris (10YR 5/1) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; ligeramente duro en seco, friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH neutro; límite claro y suave.

- A2** 16-35 cm; pardo oscuro (10YR 3/3) en seco; gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares gruesos moderados; ligeramente duro en seco, friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH neutro; límite claro y suave.
- Bt** 35-80 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios fuertes; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; barnices de arcilla abundantes finos; pH neutro; límite claro y ondulado.
- BC** 80-130 cm; gris rosado (7,5YR 6/2) en seco; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; ligeramente plástico y no adhesivo; barnices de arcilla escasos finos; pH neutro; límite claro y ondulado.
- Ck** 130 cm+; gris rosado (7,5YR 6/2) en seco; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; no plástico y no adhesivo; abundantes concreciones calcáreas; pH moderadamente alcalino.

Tabla 14. Datos analíticos del perfil típico Serie Bandera.

Horizonte	A1	A2	Bt	BC	Ck
Profundidad (cm)	0-16	16-35	35-80	80-130	130+
C (%)	1,41	0,75	0,67	0,36	0,24
MO (%)	2,43	1,29	1,15	0,62	0,41
Arcilla (< 2 µm)	32,8	33,6	31,8	25,6	25,8
Limo (2-50 µm)	55,4	54,7	55,5	58,5	56,9
Arena total (> 50 µm)	11,8	11,7	12,7	15,9	14,6
Arena muy fina (50-100 µm)	8,9	9,2	10,0	12,4	10,9
Arena fina (100-250 µm)	2,9	2,5	2,7	3,5	3,7
Arena media (250-500 µm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clase textural	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa
CaCO ₃ (%)	0,0	0,0	0,0	Vest.	2,7
pH en H ₂ O (1:2,5)	7,0	7,2	7,1	7,3	8,4
CIC (cmol _e /kg)	24,0	24,2	24,0	17,6	21,2
Ca ⁺⁺ (cmol _e /kg)	13,9	14,5	15,1	-	-
Mg ⁺⁺ (cmol _e /kg)	4,7	5,2	4,4	-	-
Na ⁺ (cmol _e /kg)	0,4	0,7	0,6	0,5	0,8
K ⁺ (cmol _e /kg)	3,5	3,2	2,3	1,1	1,1
PSI (%)	1,7	2,9	2,5	2,8	3,8

3.1.3.2. Serie El Colorado

Argiustol ácuico, familia limosa fina, hipertérmica

Los suelos de esta serie son imperfecta a moderadamente bien drenados, propios de planos deprimidos y anegables, con nivel freático aproximadamente a los 240 cm. Son perfiles poligenéticos, de permeabilidad moderadamente lenta y con moderada alcalinidad sódica en profundidad.

Se reconoce un horizonte superficial de 25 cm de espesor, franco arcillo limoso, bien provisto de materia orgánica y fósforo. A continuación, aparece un horizonte iluvial (Bt1 y Bt2) de textura similar, estructurado en bloques angulares y con signos de hidromorfismo en forma de moteados. Posteriormente, en discontinuidad, se describieron dos horizontes iluviales (2Btb1 y 2Btb2) de estructura prismática que rompe a bloques y moteados comunes de Fe-Mn. A los 107 cm, se reconoció un horizonte transicional 2BCznb, con moteados abundantes y aumentos notables de la conductividad eléctrica y sodicidad. En la base del perfil, se identificó un segundo nivel de discontinuidad (horizonte 3Ckzn), moderadamente salino-sódico, con CaCO₃ libre en la masa, abundantes moteados y presencia de pedosedimentos.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil representativo 4A fue descrito a 27,9 km al sureste de la ciudad de Bandera en el establecimiento El Colorado (28° 59' 0" S y 62° 0' 22" W).

Fecha: 02/11/22

Reconocedores: Amanda Vizgarra.

- Ap** 0-10 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura laminar media débil que rompe a bloques medios finos débiles; duro en seco, firme en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH medianamente ácido; límite abrupto, suave.
- A** 10-25 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 moderados; duro en seco, firme en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH débilmente ácido; moteados de Fe escasos; límite claro y suave.
- Bt1** 25-45 cm; pardo (10YR 5/3) en seco; negro parduzco (10YR 2/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios a

gruesos moderados; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; pH débilmente ácido; barnices de arcilla escasos; moteados de Fe comunes; límite claro y suave.

Bt2 45-64 cm; pardo pálido (10YR 6/3) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH débilmente ácido; barnices de arcilla comunes; abundantes moteados de Fe; límite claro y suave.

2Btb1 64-89 cm; pardo (7,5YR 6/3) en seco; pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas medios débiles que rompen a bloques angulares medios moderados; duro en seco, muy friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH débilmente ácido; barnices de arcilla abundantes; moteados de Fe comunes; límite claro y suave.

2Btb2 89-107 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios débiles; duro en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH débilmente ácido; barnices de arcilla escasos; moteados de Fe comunes; límite claro y suave.

2BCznb 107-135 cm; rosado (7,5YR 7/4) en seco; amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios a finos débiles; duro en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH neutro; moteados abundantes; presencia de pedosedimentos; límite claro y ondulado.

3Ckzn 135-154 cm; rosado (7,5YR 7/4) en seco; pardo intenso (7,5YR 5/6) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; ligeramente duro en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH moderadamente alcalino; concreciones de carbonato de calcio; abundantes moteados de Fe; presencia de pedosedimentos; fuerte reacción al HCl en la masa.



Figura 24. Perfil representativo 4A.



Figura 25. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 4A.

Tabla 15. Datos analíticos del perfil típico 4A.

Horizonte	Ap	A	Bt1	Bt2	2Btb1	2Btb2	2BCznb	3Ckzn
Profundidad (cm)	0-10	10-25	25-45	45-64	64-89	89-107	107-135	135-154
C (%)	1,72	1,20	0,69	0,46	0,45	0,14	0,12	0,09
MO (%)	2,97	2,07	1,20	0,79	0,77	0,24	0,22	0,15
P (mg/kg)	72,61	51,24	34,15	26,83	21,85	18,45	16,27	16,75
Arcilla (< 2 µm)	28,91	31,48	35,19	32,63	36,32	30,50	26,94	20,41
Limo total (2-50 µm)	64,35	61,73	57,96	60,61	57,89	63,94	68,39	74,24
Limo fino (2-20 µm)	43,92	41,15	38,99	41,41	41,05	45,07	46,63	50,22
Limo grueso (20-50 µm)	20,43	20,58	18,97	19,19	16,84	18,87	21,76	24,02
Arena total (> 50 µm)	6,74	6,79	6,85	6,77	5,79	5,56	4,66	5,35
Arena muy fina (50-100 µm)	5,92	6,18	5,99	6,21	4,93	4,89	3,88	4,47
Arena fina (100-250 µm)	0,74	0,61	0,79	0,58	0,84	0,68	0,75	0,75
Arena media (250-500 µm)	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,04
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clase textural	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa
CaCO ₃ (%)	0,21	0,16	0,05	0,18	0,04	0,13	0,16	2,92
CE extracto (dS/m)	0,48	0,19	0,24	0,29	1,03	2,9	6,18	8,26
CE (1:2,5 suelo/agua, dS/m)	0,20	0,12	0,11	0,13	0,39	0,91	1,74	2,23
pH en H ₂ O (1:2,5)	5,85	6,18	6,35	6,35	6,22	6,29	6,67	8,05
pH en KCl 1 M (1:2,5)	4,87	4,96	5,01	4,92	4,98	5,13	5,64	7,16
pH en CaCl ₂ 0,01 M (1:2,5)	5,27	5,4	5,59	5,62	5,78	5,98	6,45	7,65
CIC (cmol _c /kg)	19,51	20,13	18,90	19,04	20,56	20,68	23,08	23,24
Ca ⁺⁺ (cmol _c /kg)	10,98	13,22	11,73	10,73	12,97	12,97	15,22	
Mg ⁺⁺ (cmol _c /kg)	7,73	6,24	7,48	6,99	7,24	8,48	9,98	8,08
Na ⁺ (cmol _c /kg)	0,26	0,26	0,26	0,26	0,48	0,82	2,26	5,52
K ⁺ (cmol _c /kg)	2,39	2,08	2,01	1,89	2,08	2,08	2,20	2,51
PSI (% p/p)	1,33	1,29	1,38	1,37	2,33	3,97	9,79	23,75
Dap (gr/cm ³)	0,98	1,34	1,32	1,27	1,30	1,27	1,29	1,25

3.1.3.3. Serie El Haras

Argiustol típico, familia limosa fina, mixta, hipertérmica

Los suelos de esta serie se describen en la Carta de Suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada (Peña Zubiarte et al., 1978). Se han desarrollado en un paisaje de relieve llano a ligeramente cóncavo, que corresponde a los antiguos cauces del río Salado. Los materiales parentales son eólicos de depositación reciente.

Son moderadamente bien drenados, de permeabilidad moderada y ligero peligro de anegamiento. Presentan un horizonte superficial oscuro, bien provisto de materia orgánica, con espesores próximos a los 40 cm, seguido por un horizonte argílico (más arcilloso) con 32 % de arcilla aproximadamente y 40 cm de espesor. El material originario no edafizado (horizonte Ck) aparece a los 135 cm y, por lo general, tiene concreciones de carbonato de calcio.

Dentro de esta serie, se admite un rango de variabilidad para el contenido de arcilla del horizonte Bt entre 26 y 36 %, excepcionalmente más de 40 %.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 27 km al este de la ciudad de Bandera (28° 50' 30" S y 61° 59' 30" W).

- A1** 0-14 cm; gris (10YR 5/1) en seco; negro (10YR 2/1) en húmedo; franco limoso; estructura granular fina débil; friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH neutro; límite claro y suave.
- A2** 14-23 cm; gris (10YR 5/1) en seco; pardo grisáceo oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura granular fina débil; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH neutro; límite claro y suave.
- AB** 23-49 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios que rompen a granular; ligeramente plástico; barnices (clay skins) escasos; pH neutro.
- Bt1** 49-71 cm; pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios débiles; plástico y adhesivo; barnices de arcilla comunes; pH ligeramente alcalino.

- Bt2** 71-90 cm; pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares; plástico y adhesivo; barnices de arcilla escasos; pH ligeramente alcalino; concreciones de Fe y Mn.
- BC** 90-105 cm; pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios débiles; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH ligeramente alcalino.
- C** 105-135 cm; pardo rojizo oscuro (5YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; pH ligeramente alcalino.
- Ck** 135 cm+; pardo rojizo oscuro (5YR 4/4) en húmedo; fuerte reacción al ácido clorhídrico.

Tabla 16. Datos analíticos del perfil típico Serie El Haras.

Horizonte	A ₁	A ₂	AB	B _{t1}	B _{t2}	BC	C
Profundidad (cm)	0-14	14-23	23-49	49-71	71-90	90-105	105-135
C (%)	2,40	1,41	0,90	0,35	0,16	0,10	0,24
MO (%)	4,13	2,43	1,55	0,60	0,27	0,17	-
Arcilla (< 2 µm)	26,7	28,7	32,4	32,2	31,5	23,0	23,6
Limo (2-50 µm)	60,4	59,7	57,6	58,1	54,4	61,3	63,0
Arena total (> 50 µm)	12,9	11,6	10,0	9,7	14,1	15,7	13,4
Arena muy fina (50-100 µm)	10,5	8,9	7,6	7,2	11,5	12,7	10,5
Arena fina (100-250 µm)	2,4	2,7	2,4	2,5	2,6	3,0	2,9
Arena media (250-500 µm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Clase textural	Franco limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa
CaCO ₃ (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pH en H ₂ O (1:2,5)	6,6	7,0	7,0	7,4	7,4	7,4	7,5
CIC (cmol _c /kg)	22,7	21,0	22,3	20,3	22,1	21,6	22,5
Ca ⁺⁺ (cmol _c /kg)	13,8	12,6	13,3	11,8	12,3	13,4	13,6
Mg ⁺⁺ (cmol _c /kg)	3,6	4,7	4,7	5,3	5,8	6,1	6,1
Na ⁺ (cmol _c /kg)	0,2	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
K ⁺ (cmol _c /kg)	3,3	2,7	2,5	2,3	2,9	3,0	3,0
PSI (%)	0,8	2,4	1,8	2,0	2,3	2,3	2,2

3.1.3.4. Serie El Mataco

Natrustol ácuico, familia limosa fina, hipertérmica

Los suelos de la serie el Mataco se han desarrollado a partir de sedimentos fluvio-eólicos de textura franco limosa y se ubican dentro de las planicies deprimidas anegables. Son suelos moderadamente bien drenados, salino-sódicos en profundidad y cuya permeabilidad es moderadamente lenta.

El perfil comienza con un horizonte A oscuro, de 22 cm de espesor y con buena provisión de materia orgánica y fósforo. Continúa hasta los 35 cm un horizonte Bw, franco arcillo limoso, débilmente estructurado y ligeramente ácido. Debajo, se reconoce un horizonte BC que se extiende hasta los 50 cm, de pH neutro y con presencia de moteados de Fe-Mn. En discontinuidad, la secuencia sigue con los horizontes 2B_{tn}-2BC_{zn}-2C_{kzn}, todos de textura franco limosa y con PSI superior a 15 %. El 2B_{tn} posee una estructura en prismas, moteados comunes de Fe-Mn y es ligeramente alcalino. El horizonte transicional 2BC_{zn} es moderadamente alcalino, con moteados abundantes de Fe-Mn y eflorescencias salinas. Finalmente, fue descrito un horizonte 2C_{kzn} de 43 cm de espesor, fuertemente alcalino, con moteados comunes de Fe-Mn y abundante presencia de carbonatos en forma pulverulenta y concreciones. La zona de suelo saturado se determinó a 150 cm de profundidad.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil representativo 33C fue descrito a 9,3 km al sureste de la ciudad de Bandera en el establecimiento El Mataco (28° 55' 45" S y 62° 11' 00" W).

Fecha: 1/11/22

Reconocedores: Amanda Vizgarra y Laura Mas.

- Ap** 0-10 cm; gris rosado (7,5YR 6/2) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura laminar media débil; duro en seco, friable en húmedo; muy plástico y adhesivo; pH medianamente ácido; raíces escasas; límite abrupto y suave.
- A** 10-22 cm; pardo oscuro (7,5YR 4/2) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; duro en seco, firme en húmedo; muy plástico y adhesivo; pH débilmente ácido; moteados escasos de Fe; límite claro y suave.

- Bw** 22-35 cm; pardo (7,5YR 4/3) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos a medios débiles; duro en seco, muy friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH débilmente ácido; moteados comunes de Fe; límite claro y ondulado.
- BC** 35-50 cm; pardo (7,5YR 5/3) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios débiles; duro en seco, muy friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH neutro; moteados de Fe abundantes y de Mn comunes; límite claro y ondulado.
- 2Bt_{nb}** 50-77 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo; franco limoso; estructura en prismas medios moderados que rompen a bloques angulares medios moderados; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; pH ligeramente alcalino; barnices abundantes; moteados de Fe comunes y de Mn escasos; límite claro y ondulado.
- 2BC_{znb}** 77-104 cm; rosado (7,5YR 7/3) en seco; pardo (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares finos débiles; duro en seco, suelto en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH moderadamente alcalino; moteados de Fe abundantes; presencia de eflorescencias salinas; límite gradual y ondulado.
- 2Ck_{zn}** 104-147 cm; rosado (7,5YR 7/3) en seco; pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; blando en seco, suelto en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH fuertemente alcalino; moteados de Fe comunes; abundantes concreciones de carbonatos de calcio; presencia de eflorescencias salinas.

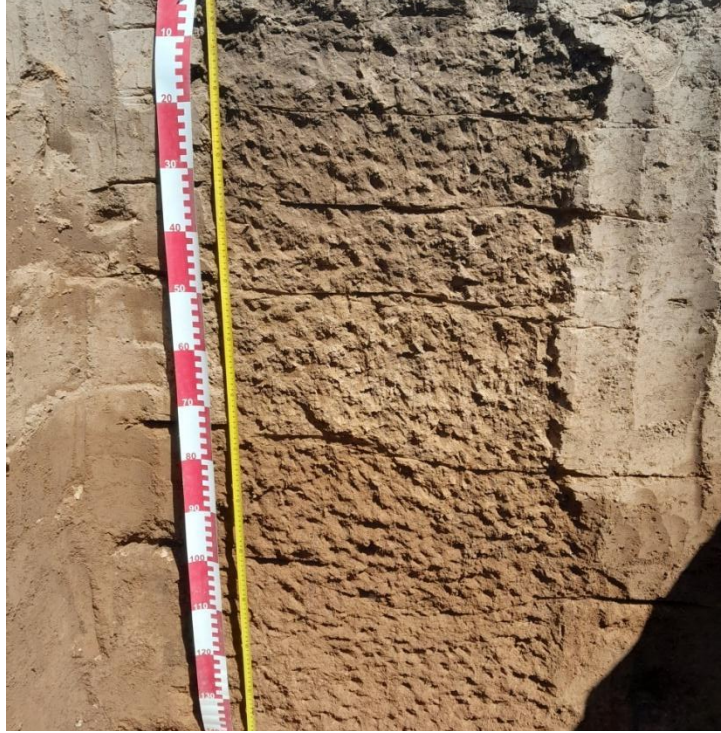


Figura 26. Perfil representativo 33C.



Figura 27. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 33C.

Tabla 17. Datos analíticos del perfil típico 33C.

Horizonte	Ap	A	Bw	BC	2Bt nb	2BCz nb	2Ck zn
Profundidad (cm)	0-10	10-22	22-35	35-50	50-77	77-104	104-147
C (%)	1,72	1,00	0,61	0,46	0,19	0,13	0,13
MO (%)	2,96	1,72	1,05	0,80	0,33	0,22	0,23
P (mg/kg)	51,27	31,57	15,80	19,54	20,02	16,38	14,59
Arcilla (< 2 µm)	25,79	30,20	29,79	25,89	26,41	15,80	26,23
Limo total (2-50 µm)	62,11	58,95	59,38	61,84	63,72	72,51	64,48
Limo fino (2-20 µm)	41,05	40,33	40,63	41,93	45,22	44,37	44,81
Limo grueso (20-50 µm)	21,05	18,61	18,75	19,92	18,50	28,14	19,67
Arena total (> 50 µm)	12,11	10,86	10,83	12,26	9,87	11,69	9,29
Arena muy fina (50-100 µm)	10,37	9,26	9,15	10,37	8,12	8,96	7,93
Arena fina (100-250 µm)	1,66	1,59	1,59	1,85	1,68	2,63	1,34
Arena media (250-500 µm)	0,04	0,02	0,06	0,05	0,05	0,07	0,02
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,03	0,02	0,00	0,02	0,05	0,04	0,01
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clase textural	Franco limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
CaCO ₃ (%)	0,00	0,01	0,15	0,02	0,28	0,47	1,77
CE extracto (dS/m)	0,30	0,13	0,43	0,72	2,50	10,10	15,12
CE (1:2,5 suelo/agua, dS/m)	0,17	0,09	0,16	0,23	0,78	2,55	4,15
pH en H ₂ O (1:2,5)	5,91	6,41	6,46	6,63	7,59	8,26	8,50
pH en KCl 1 M (1:2,5)	4,84	5,03	5,14	5,15	5,93	6,86	7,35
pH en CaCl ₂ 0,01 M (1:2,5)	5,20	5,55	5,85	5,88	6,93	7,61	7,99
CIC (cmol _e /kg)	22,76	19,06	23,65	19,13	22,38	22,57	22,99
Ca ⁺⁺ (cmol _e /kg)	11,85	14,60	12,10	13,85	14,60	16,05	-
Mg ⁺⁺ (cmol _e /kg)	5,61	3,12	10,85	4,12	5,11	5,61	7,61
Na ⁺ (cmol _e /kg)	0,33	0,33	0,65	0,87	4,35	9,87	13,35
K ⁺ (cmol _e /kg)	2,41	1,90	1,71	1,52	1,96	2,10	2,16
PSI (% p/p)	1,45	1,73	2,75	4,55	19,44	43,73	58,07
Valor S (cmol _e /kg)	20,20	19,95	25,31	20,36	26,02	33,63	-
Dap (gr/cm ³)	1,06	1,34	1,26	1,24	1,26	1,29	1,29

3.1.3.5. Serie Fortín Inca

Natralbol típico, familia limosa fina, hipertérmica

El perfil modal de esta serie está caracterizado por una permeabilidad moderadamente lenta a lenta y un drenaje imperfecto, y se ubica en los ambientes plano-cóncavos de cubetas interconectadas. Presenta moderada alcalinidad a partir de los 60 cm, la cual aumenta progresivamente en profundidad.

El horizonte A de 20 cm, es de color oscuro y está bien provisto de materia orgánica y fósforo. Luego se reconoció un horizonte eluvial E, seguido por un horizonte transicional Btn/En, ambos franco limosos, con moteados comunes de Fe-Mn y escasas concreciones de Fe. Continúan debajo, una secuencia de horizontes iluviales y sódicos (Btn1, Btn2 y Btn3), de textura franco arcillo limosa, que integran parte un horizonte nátrico con rasgos hidromórficos. El horizonte transicional BCkn, moderadamente alcalino, se extiende hasta los 130 cm, con presencia de carbonatos libres en masa y pseudomicelios salinos. Estas características se observan más marcadamente en la base del perfil (horizonte Ckn), donde se reconocen una fuerte alcalinidad sódica y escasas concreciones de carbonatos de calcio.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil representativo 2B fue descrito a 28,6 km al este de la ciudad de Bandera en el establecimiento El Colorado (28° 57' 21" S y 61° 58' 48" W).

Fecha: 01/11/22

Reconocedores: Lucas Moretti, Eliana Schefer y Noelia Continelli.

- Ap** 0-10 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura laminar gruesa moderada; ligeramente duro en seco, friable en húmedo; no plástico y no adhesivo; pH débilmente ácido; límite abrupto y suave.
- A** 10-20 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; muy duro en seco, muy friable en húmedo; no plástico y no adhesivo; pH débilmente ácido; moteados de Fe comunes y escasas concreciones de Fe; límite claro y ondulado.
- En** 20-33 cm; gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios débiles; muy duro en seco, muy friable en húmedo;

ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH medianamente ácido; moteados de Fe comunes y escasas concreciones de Fe; límite claro y suave.

Btn/En 33-42 cm; estructura en bloques angulares moderados; friable en húmedo; moteados de Fe comunes y escasas concreciones de Fe; límite claro y suave.

Btn1 42-60 cm; pardo (7,5YR 5/4) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas medios que rompen a bloques medios moderados; muy duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH neutro; barnices de arcilla abundantes; escasos moteados de Fe y escasas concreciones de Fe; presencia de pseudomicelios salinos; límite claro y suave.

Btn2 60-83 cm; pardo (7,5YR 5/4) en seco; pardo (7,5YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos moderados; muy duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH moderadamente alcalino; barnices de arcilla comunes; moteados de Fe comunes; límite claro y suave.

Btn3 83-110 cm; pardo (7,5YR 5/4) en seco; pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares gruesos débiles; muy duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH ligeramente alcalino; barnices de arcilla escasos; moteados de Fe comunes; límite claro y suave.

BCkn 110-130 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo (7,5YR 4/6) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares gruesos débiles con tendencia a masiva; duro en seco, muy friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH moderadamente alcalino; barnices escasos; presencia de pseudomicelios salinos; límite claro y suave.

Ckn 130-150 cm; pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; pardo intenso (7,5YR 5/6) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; ligeramente duro en seco, muy friable en húmedo; plástico y es adhesivo; pH fuertemente alcalino; presencia de carbonatos de calcio en concreciones; presencia de pseudomicelios salinos.

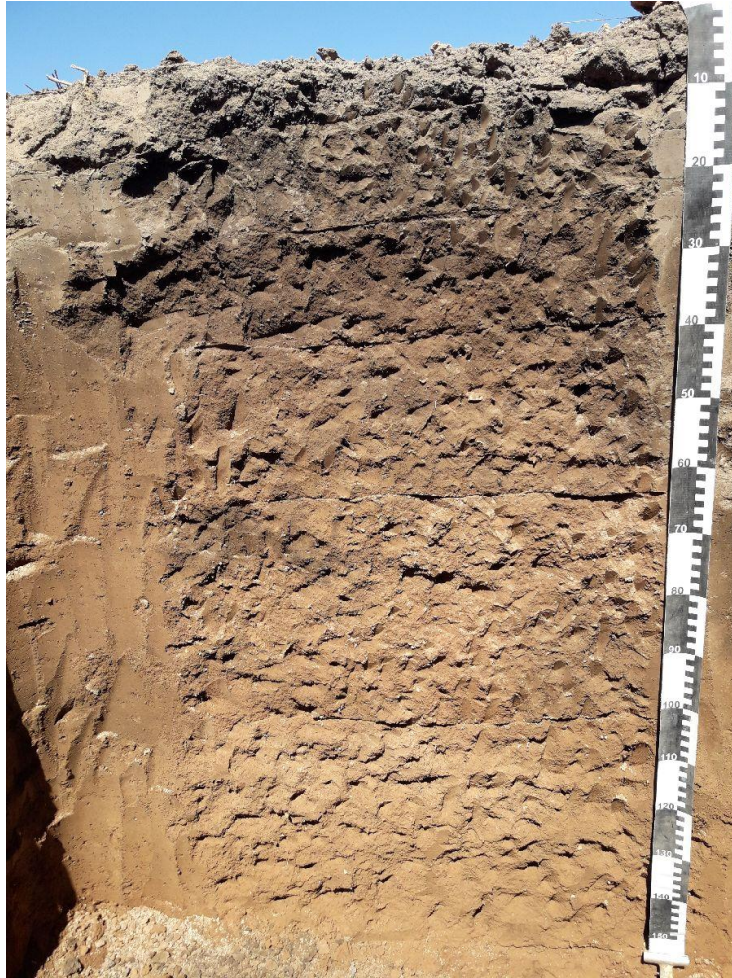


Figura 28. Perfil representativo 2B.



Figura 29. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 2B.

Tabla 18. Datos analíticos del perfil típico 2B.

Horizonte	Ap	A	En	Btn1	Btn2	Btn3	BCkn	Ckn
Profundidad (cm)	0-10	10-20	20-33	42-60	60-83	83-110	110-130	130-150
C (%)	2,66	1,62	0,56	0,39	0,22	0,31	0,22	0,18
MO (%)	4,59	2,79	0,97	0,67	0,39	0,54	0,38	0,30
P (mg/kg)	66,94	42,35	19,94	40,26	27,91	45,24	44,17	42,31
Arcilla (< 2 µm)	25,47	28,78	26,42	33,57	31,96	28,44	21,00	19,86
Limo total (2-50 µm)	65,22	62,57	64,21	58,16	61,18	64,12	73,15	74,49
Limo fino (2-20 µm)	43,48	42,75	45,00	38,78	42,19	45,50	45,98	47,40
Limo grueso (20-50 µm)	21,74	19,81	19,20	19,39	18,99	18,61	27,17	27,09
Arena total (> 50 µm)	9,32	8,65	9,37	8,27	6,86	7,45	5,85	5,64
Arena muy fina (50-100 µm)	8,19	7,70	8,12	7,07	5,78	6,24	4,91	4,70
Arena fina (100-250 µm)	1,05	0,95	1,21	1,16	1,06	1,11	0,88	0,82
Arena media (250-500 µm)	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,02	0,06	0,05
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clase textural	Franco limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa
CaCO ₃ (%)	0,02	0,09	0,09	0,10	0,14	0,15	3,28	4,30
CE extracto (dS/m)	0,69	0,88	1,07	1,83	2,88	2,77	3,36	3,37
CE (1:2,5 suelo/agua, dS/m)	0,30	0,34	0,37	0,66	1,02	0,94	1,21	1,07
pH en H ₂ O (1:2,5)	6,08	6,13	5,80	6,92	8,18	7,76	8,41	8,94
pH en KCl 1 M (1:2,5)	5,17	5,25	4,81	5,64	6,42	6,11	7,01	7,44
pH en CaCl ₂ 0,01 M (1:2,5)	5,48	5,62	5,18	6,39	7,30	7,00	7,54	7,79
CIC (cmol _c /kg)	17,32	14,89	12,60	15,60	23,19	22,23	22,78	20,53
Ca ⁺⁺ (cmol _c /kg)	11,22	11,23	7,98	11,23	12,23	12,72	-	-
Mg ⁺⁺ (cmol _c /kg)	4,74	2,99	4,99	4,24	6,98	7,98	6,49	10,48
Na ⁺ (cmol _c /kg)	0,91	1,02	1,35	3,20	5,09	5,15	5,86	6,30
K ⁺ (cmol _c /kg)	2,94	1,98	1,66	2,23	2,74	2,93	2,15	2,61
PSI (% p/p)	5,25	6,85	10,71	20,51	21,95	23,17	25,72	30,69
Dap (gr/cm ³)	1,01	1,14	1,28	1,26	1,24	1,19	1,20	1,32

3.1.3.6. Serie Margarita (Santa Fe)

Argiudol ácuico, familia fina, hipertérmica

La serie Margarita aparece descrita en la Carta de Suelos de la provincia de Santa Fe (esta información se extrajo de la página <http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/index.htm>, que actualmente no está disponible). Los suelos de esta serie se reconocen en el sector mapeado por la presente carta en las cubetas bien manifiestas. El perfil seleccionado presenta un horizonte superficial de 18 cm de espesor bien provisto de materia orgánica y textura franco limosa. A continuación se reconoce un horizonte transicional franco arcillo limoso de 13 cm de potencia. Luego aparece un horizonte iluvial Bt subdividido en Bt1, Bt2 y Bt3, todos ellos de textura franco arcillo limosa y bien estructurados. A los 107 cm de profundidad se reconoce un horizonte transicional BC de 35 cm de espesor y luego el perfil continúa con los horizontes C y Ck: ambos son alcalinos y presentan concreciones calcáreas.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil típico fue descrito a 14 km al este del límite interprovincial y 3 km al SW de la localidad de Pozo Borrado (28° 57' 58" S y 61° 43' 34" W).

- A** 0-18 cm; grisáceo oscuro a grisáceo (10YR 4,5/1) en seco; grisáceo muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos débiles; blando en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH neutro; moteados de Fe débiles escasos y finos; raíces comunes; límite claro y suave.
- AB** 18-31 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares muy finos débiles; ligeramente duro en seco, muy friable a friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH ligeramente alcalino; moteados de Fe débiles abundantes y finos; límite claro y suave.
- Bt1** 31-45 cm; pardo (7,5YR 4/2) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura de prismas compuestos irregulares finos y débiles; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; pH ligeramente alcalino; barnices de arcilla abundantes y finos; moteados de Fe débiles escasos y finos; límite gradual y ondulado.

- Bt2** 45-72 cm; pardo (7,5YR 5/4) en seco; pardo a pardo oscuro (7,5YR 3,5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares irregulares moderadamente finos y moderados; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; pH ligeramente alcalino; barnices de arcilla abundantes y finos; límite gradual y ondulado.
- Bt3** 72-107 cm; pardo a pardo claro (7,5YR 5,6/4) en seco; pardo (7,5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares subangulares irregulares muy finos débiles; duro en seco, firme en húmedo; plástico a ligeramente plástico y adhesivo a ligeramente adhesivo; pH neutro; barnices de arcilla escasos y finos; moteados de Fe comunes; límite gradual y ondulado.
- BC** 107-142 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo (7,5YR 4,5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares irregulares finos débiles; ligeramente duro en seco, friable en húmedo; plástico a ligeramente plástico y adhesivo a ligeramente adhesivo; pH ligeramente alcalino; barnices de arcilla escasos y finos; límite gradual y ondulado.
- C** 142-172 cm; rosado (7,5YR 7/4) en seco; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura masiva; ligeramente blando en seco, friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH ligeramente alcalino; concreciones calcáreas escasas y finas; abundante presencia de durinódulos; límite abrupto y suave.
- Ck** 172 cm+; rosado (7,5YR 7/4) en seco; pardo a pardo claro (7,5YR 5,6/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura masiva; blando en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH fuertemente alcalino; concreciones calcáreas escasas y finas; fuerte reacción al HCl en masa; presencia de durinódulos.

Tabla 19. Datos analíticos del perfil típico Serie Margarita.

Horizonte	A	AB	Bt1	Bt2	Bt3	BC	C	Ck
Profundidad (cm)	0-18	18-31	31-45	45-72	72-107	107-142	142-172	172 +
C (%)	1,39	0,81	0,35	0,23	0,17	0,17	0,12	0,12
MO (%)	2,4	1,4	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
Arcilla (< 2 µm)	25,2	29,4	35,0	36,4	34,5	32,0	29,8	27,8
Limo (2-50 µm)	64,9	63,0	57,3	56,4	58,0	61,2	62,5	63,0
Arena (> 50 µm)	9,8	7,6	7,7	7,1	7,5	6,8	7,6	9,2
Clase textural	Franco limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa
CE extracto (dS/m)	0,4	0,9	1,0	1,5	1,6	1,4	1,6	0,3
pH en H ₂ O (1:2,5)	7,0	7,4	7,8	7,5	7,1	7,8	8,0	8,6
CIC (cmol _c /kg)	19,1	18,0	22,1	23,2	22,0	18,6	17,5	21,0
Ca ⁺⁺ (cmol _c /kg)	8,3	8,7	11,6	12,6	13,0	10,6	9,6	-
Mg ⁺⁺ (cmol _c /kg)	3,4	3,7	6,9	4,4	4,2	3,3	2,2	-
Na ⁺ (cmol _c /kg)	0,5	0,2	0,4	0,6	1,0	1,4	0,54	2,2
K ⁺ (cmol _c /kg)	0,2	0,2	3,1	1,8	1,8	1,5	1,8	2,65
PSI (% p/p)	2,6	1,1	1,8	2,6	4,5	7,5	3,0	10,5

3.1.3.7. Serie Ruta 42

Argialbol argiácuico, familia limosa fina, hipertémica

Esta serie representa suelos imperfectamente drenados, sódicos en profundidad, de permeabilidad moderadamente lenta y ubicados en vías de escurrimiento.

Los primeros 40 cm del perfil (horizontes Ap-A1-A2), presentan textura franco limosa y reacción débilmente ácida. Los contenidos de materia orgánica y fósforo son altos en su porción superior (Ap). Debajo se desarrolla un horizonte álbico (En) de 15 cm, franco limoso, con visibles moteados de Fe y aumento de la sodicidad. A los 55 cm, se reconoció un horizonte argílico (Btn), franco arcillo limoso, estructurado en prismas y con moteados de Fe. Marcando una clara discontinuidad en el perfil, se describió otro horizonte iluvial (subdividido en 2Btbn1y 2Btbn2), franco limoso, con PSI entre 18 a 26 % y pseudomicelios salinos en su límite inferior. Finalmente, a los 135 cm aparece otro horizonte en discontinuidad (3BCknb), de textura franco arcillo limosa, muy fuertemente alcalino, con pseudomicelios salinos y escasas concreciones de CaCO₃ y de Fe-Mn.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil representativo 31B fue descrito a 26 km al este de la ciudad de Bandera en el establecimiento los Ale (28° 52' 02" S y 62°0' 16" W).

Fecha: 31/10/22

Reconocedores: Lucas Moretti, Eliana Schefer y Laura Mas.

- Ap** 0-9 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura laminar gruesa moderada; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; pH medianamente ácido; raíces escasas; límite abrupto y suave.
- A1** 9-22 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; pH débilmente ácido; raíces escasas; límite claro y suave.
- A2** 22-40 cm; gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios moderados a débiles; duro en seco, firme en húmedo; plástico y ligeramente adhesivo; pH débilmente ácido; límite claro y ondulado.

- En** 40-55 cm; gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios débiles; duro en seco, firme en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH neutro; moteados de Fe comunes; límite claro y suave.
- Btn** 55-77 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo intenso (7,5YR 5/6) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas gruesos moderados que rompen a bloques angulares finos; duro en seco, firme en húmedo; muy plástico y muy adhesivo; pH neutro; barnices de arcilla comunes; moteados de Fe comunes; límite claro y suave.
- 2Bt**nb**1** 77-102 cm; rosado (7,5YR 7/3) en seco; pardo intenso (7,5YR 5/6) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares gruesos moderados; duro en seco, firme en húmedo; plástico y muy adhesivo; pH ligeramente alcalino; barnices de arcilla abundantes; escasos moteados de Fe; límite claro y suave.
- 2Bt**nb**2** 102-135 cm; amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en seco; pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares gruesos débiles; duro en seco, muy friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH fuertemente alcalino; barnices de arcilla comunes; moteados escasos de Fe y concreciones escasas de Fe; presencia de pseudomicelios salinos; límite claro y suave.
- 3BC**kn**b** 135-155 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo (7,5YR 4/6) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares gruesos; duro en seco, muy friable en húmedo; plástico y ligeramente adhesivo; pH muy fuertemente alcalino; escasas concreciones de Fe y Mn; escasas concreciones de carbonatos de calcio; presencia de pseudomicelios salinos.



Figura 30. Perfil representativo 31B.



Figura 31. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 31B.

Tabla 20. Datos analíticos del perfil típico 31B.

Horizonte	Ap	A1	A2	En	Btn	2Btbn1	2Btbn2	3BCknb
Profundidad (cm)	0-9	9-22	22-40	40-55	55-77	77-102	102-135	135-155
C (%)	2,16	0,75	0,61	0,23	0,46	0,83	0,26	0,14
MO (%)	3,72	1,30	1,05	0,40	0,79	1,42	0,44	0,24
P (mg/kg)	44,96	25,34	16,36	18,84	25,20	21,27	20,92	14,63
Arcilla (< 2 µm)	24,8	26,3	26,6	22,5	28,7	15,3	16,0	27,6
Limo total (2-50 µm)	63,70	62,00	61,80	65,80	61,30	74,00	74,70	63,10
Limo fino (2-20 µm)	42,80	41,30	40,90	42,20	36,30	41,80	44,80	42,40
Limo grueso (20-50 µm)	20,90	20,70	21,00	23,60	24,90	32,20	29,90	20,70
Arena total (> 50 µm)	11,50	11,70	11,50	11,60	10,10	10,70	9,30	9,20
Arena muy fina (50-100 µm)	8,54	9,23	8,85	8,59	7,01	7,83	6,85	7,12
Arena fina (100-250 µm)	2,88	2,46	2,58	2,94	2,98	2,78	2,41	2,06
Arena media (250-500 µm)	0,05	0,01	0,04	0,05	0,06	0,05	0,03	0,01
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,03	0,00	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clase textural	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco arcillo limosa
CaCO ₃ (%)	0,09	0,07	0,09	0,07	0,08	0,13	0,12	0,30
CE extracto (dS/m)	0,43	0,14	0,15	0,38	0,46	0,57	0,72	0,62
CE (1:2,5 suelo/agua, dS/m)	0,21	0,08	0,08	0,11	0,14	0,19	0,27	0,35
pH en H ₂ O (1:2,5)	5,72	6,37	6,44	7,2	6,94	7,81	8,75	9,6
pH en KCl 1 M (1:2,5)	4,75	5,07	5,03	5,13	4,89	5,5	6,19	7,12
pH en CaCl ₂ 0,01 M (1:2,5)	5,11	5,58	5,61	5,97	5,84	6,51	7,12	7,83
CIC (cmol _e /kg)	16,17	15,47	17,66	17,60	19,51	22,39	21,71	19,51
Ca ⁺⁺ (cmol _e /kg)	11,98	10,73	9,98	6,49	7,98	9,48	11,23	14,72
Mg ⁺⁺ (cmol _e /kg)	2,99	4,49	7,49	6,74	6,73	6,73	6,75	7,23
Na ⁺ (cmol _e /kg)	0,26	0,26	0,48	1,70	2,26	4,08	5,74	5,19
K ⁺ (cmol _e /kg)	2,74	1,91	1,51	1,45	1,83	2,27	2,58	2,08
PSI (% p/p)	1,61	1,68	2,72	9,66	11,58	18,22	26,44	26,60
Dap (gr/cm ³)	1,12	1,36	1,30	1,23	1,20	1,22	1,28	1,24

3.1.3.8. Serie Sotoscueva

Haplustol éntico, familia limosa gruesa, hipertérmica

Esta serie representa suelos bien drenados y escasamente desarrollados, ubicados en las lomas dentro de las planicies suavemente onduladas. El perfil es de textura franco limosa en todo su espesor y la permeabilidad es moderada. El horizonte A, de 20 cm de espesor, se encuentra bien provisto de materia orgánica y posee alto contenido de fósforo. Por debajo, hasta los 65 cm, se reconoció un horizonte transicional AC (subdividido en AC1 y AC2), de reacción neutra y débilmente estructurado. El horizonte C subyacente, es moderadamente alcalino-sódico (porcentaje de sodio intercambiable de 13 %) y se extiende hasta los 102 cm. A partir de dicha profundidad, aparece el horizonte Ckn, de mayor sodicidad, con carbonato de calcio pulverulento en la masa y presencia de pedosedimentos. Hasta los 200 cm no se encontró suelo saturado.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil representativo 23A fue descrito a 13,7 km al sureste de la localidad de Bandera en el establecimiento La Normica (28° 59' 29" S y 62°11' 40" W).

Fecha: 01/11/22

Reconocedores: Lucas Moretti, Eliana Schefer y Noelia Continelli.

- Ap** 0-10 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura laminar gruesa moderada; duro en seco, friable en húmedo; ligeramente plástico y adhesivo; pH neutro; escasos moteados de Fe; raíces escasas; límite abrupto y suave.
- A** 10-20 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios débiles; duro en seco, muy friable en húmedo; no plástico y no adhesivo; pH débilmente ácido; escasos moteados de Fe; raíces escasas; límite claro y suave.
- AC1** 20-38 cm; pardo (10YR 5/3) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares gruesos débiles que rompen a granular; duro en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH neutro; raíces escasas; límite claro y suave.

- AC2** 38-65 cm; pardo muy pálido (10YR 7/3) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares gruesos débiles con tendencia a masivo; ligeramente duro en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH neutro; límite claro y suave.
- Cn** 65-102 cm; rosado (7,5YR 7/3) en seco; pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; ligeramente duro en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH moderadamente alcalino; escasos pedosedimentos; vestigios de raíces; límite claro y suave.
- Ckn1** 102-155 cm; blanco rosado (7,5YR 8/2) en seco; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; blando en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH fuertemente alcalino; fuerte reacción al HCl de la masa; escasos pedosedimentos; límite claro y suave.
- 2Ckn2** 155-190 cm; rosado (7,5YR 7/3) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; blando en seco; muy friable en húmedo; ligeramente plástico y no adhesivo; pH fuertemente alcalino; fuerte reacción al HCl en la masa; abundantes pedosedimentos.

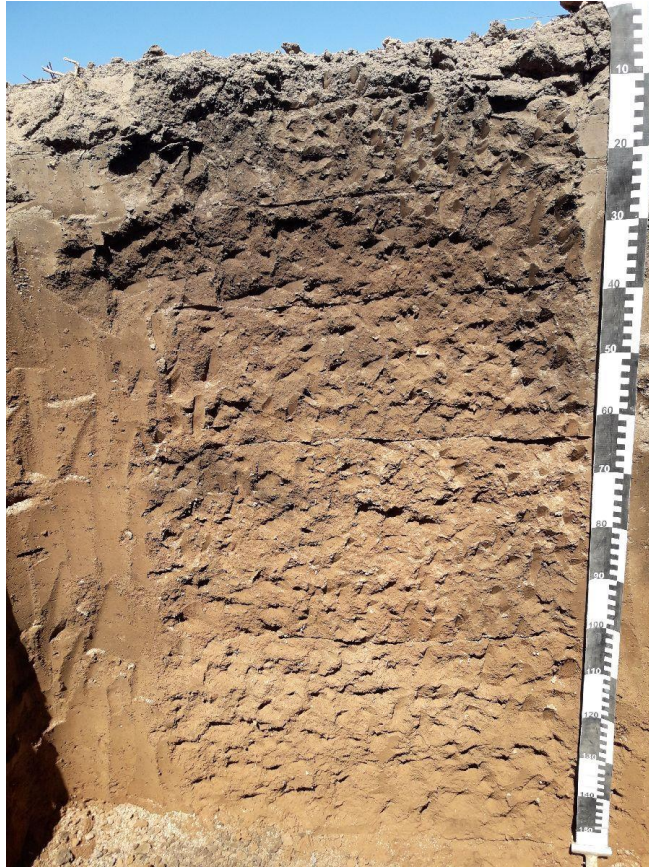


Figura 32. Perfil representativo 23A.



Figura 33. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 23A.

Tabla 21. Datos analíticos del perfil típico 23A.

Horizonte	Ap	A	AC1	AC2	Cn	Ckn1	2Ckn2
Profundidad (cm)	0-10	10-20	20-38	38-65	65-102	102-155	155-190
C (%)	1,79	0,94	0,64	0,24	0,33	0,14	1,17
MO (%)	3,09	1,62	1,10	0,42	0,58	0,25	2,02
P (mg/kg)	101,33	38,95	21,59	43,13	50,84	40,71	40,97
Arcilla (< 2 µm)	22,79	23,79	21,52	14,32	15,83	16,48	18,23
Limo total (2-50 µm)	57,51	56,60	60,29	66,32	67,38	67,48	59,67
Limo fino (2-20 µm)	39,40	36,69	39,50	43,16	43,85	43,14	37,57
Limo grueso (20-50 µm)	18,10	19,92	20,79	23,16	23,53	24,34	22,10
Arena total (> 50 µm)	19,70	19,60	18,19	19,37	16,79	16,04	22,10
Arena muy fina (50-100 µm)	15,16	15,99	14,91	16,05	13,30	13,69	18,46
Arena fina (100-250 µm)	4,37	3,56	3,26	3,29	3,39	2,24	3,60
Arena media (250-500 µm)	0,10	0,03	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,07	0,02	0,01	0,02	0,05	0,03	0,01
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clase textural	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
CaCO ₃ (%)	0,04	0,01	0,00	0,02	0,46	7,27	5,51
CE extracto (dS/m)	0,68	0,29	0,37	0,74	4,46	9,89	8,50
CE (1:2,5 suelo/agua, dS/m)	0,28	0,12	0,14	0,22	1,29	2,45	1,93
pH en H ₂ O (1:2,5)	6,77	6,38	6,56	7,15	8,11	8,72	8,97
pH en KCl 1 M (1:2,5)	5,84	5,17	5,40	5,85	7,10	7,66	7,79
pH en CaCl ₂ 0,01 M (1:2,5)	6,23	5,65	5,97	6,59	7,45	7,89	7,94
CIC (cmol _e /kg)	19,42	16,04	17,32	15,66	16,87	18,66	17,05
Ca ⁺⁺ (cmol _e /kg)	12,97	11,23	11,03	10,23	15,47	-	-
Mg ⁺⁺ (cmol _e /kg)	2,74	3,24	3,49	4,24	4,49	8,23	5,24
Na ⁺ (cmol _e /kg)	0,37	0,26	0,37	0,69	2,21	11,30	10,74
K ⁺ (cmol _e /kg)	3,05	1,91	1,78	1,59	1,91	2,10	1,85
PSI (%)	1,91	1,62	2,14	4,41	13,10	60,56	62,99
Dap (gr/cm ³)	1,13	1,37	1,18	1,25	1,16	1,25	1,37

3.1.3.9. Serie Tacurú

Endoacualf mólico, familia limosa fina, hipertérmica

Esta serie representa a los suelos superficialmente degradados y con perfiles fuertemente desarrollados de la unidad de depresión anegable. La secuencia de horizontes comienza con un epipedón ócrico, de 11 cm de espesor, franco arcillo limoso, con moderado contenido de materia orgánica y alto contenido de fósforo. Por debajo, y hasta los 58 cm, se reconocieron dos horizontes iluviales con ganancia de arcilla (Bt y Btzn), de reacción neutra y estructura prismática. La segunda subdivisión (Btzn) difiere de la primera por aumento significativo en la salinidad y sodicidad. Luego de un horizonte transicional (BCzn) franco limoso y ligeramente alcalino, aparece el horizonte Czn a los 82 cm de profundidad. En la base de este estrato, se identificó un horizonte mezclado 2Btkznb/C, fuertemente alcalino y con presencia de carbonatos de calcio libres y en concreciones, ambos franco limosos.

Se describieron rasgos hidromórficos, específicamente moteados de Fe y Mn, en todo el perfil desde la superficie. Estos suelos presentan severas limitaciones en su uso debido al peligro de anegamiento y los aumentos progresivos en los contenidos de sales y sodio a partir de los 31 cm de profundidad.

Descripción del perfil típico

Ubicación: El perfil representativo 36B fue descrito a 24,5 km al sureste de la ciudad de Bandera en el establecimiento Don Parral (29° 01' 33" S y 62°04' 15" W).

Fecha: 01/11/22

Reconocedores: Amanda Vizgarra y Noelia Continelli.

A 0-11 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, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH neutro; escasos moteados de Fe y Mn; raíces abundantes; límite claro y suave.

Bt 11-31 cm; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; negro parduzco (10YR 2/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas gruesos moderados que rompen a bloques angulares medios fuertes; duro en seco, firme en húmedo; plástico y adhesivo; pH neutro; barnices de arcilla abundantes; moteados de Fe y Mn comunes; raíces abundantes; límite claro y suave.

- Btzn** 31-58 cm; pardo (7,5YR 5/3) en seco; pardo oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas medios moderados; ligeramente duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH neutro; barnices de arcilla comunes; abundantes moteados de Fe y Mn; raíces comunes; límite claro y suave.
- BCzn** 58-82 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco; pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares de medios a finos débiles; ligeramente duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; pH ligeramente alcalino; abundantes moteados de Fe y Mn; raíces escasas; límite claro y suave.
- Czn** 82-106 cm; rosado (7,5 YR 7/3) en seco; pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; blando en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH moderadamente alcalino; abundantes moteados de Fe y Mn; límite claro y suave.
- 2Btkznb/C** 106-150 cm; pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco; amarillo rojizo (7,5 YR 6/6) en húmedo; franco limoso; estructura en prismas medios débiles; blando en seco, muy friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; pH fuertemente alcalino; barnices de arcilla abundantes; abundantes moteados Fe y Mn; fuerte reacción al ácido clorhídrico en la masa y abundantes concreciones calcáreas.



Figura 34. Perfil representativo 36B.



Figura 35. Paisaje donde se ubica el perfil representativo 36B.

Tabla 21. Datos analíticos del perfil típico 36B.

Horizonte	A	Bt	Btzn	BCzn	Ckzn	Btkznb/C
Profundidad (cm)	0-11	11-31	31-58	58-82	82-106	106-150
C (%)	1,49	0,70	0,30	0,21	0,15	0,07
MO (%)	2,56	1,20	0,51	0,35	0,27	0,13
P (mg/kg)	44,43	20,36	22,16	20,48	18,46	17,84
Arcilla (< 2 µm)	29,50	36,55	31,02	26,24	22,35	18,33
Limo total (2-50 µm)	58,57	54,00	59,65	64,52	68,86	72,45
Limo fino (2-20 µm)	40,47	36,34	44,47	47,31	48,73	48,30
Limo grueso (20-50 µm)	18,10	17,65	15,18	17,20	20,13	24,15
Arena total (> 50 µm)	11,93	9,45	9,33	9,25	8,79	9,22
Arena muy fina (50-100 µm)	9,79	7,97	7,44	7,16	6,73	7,25
Arena fina (100-250 µm)	2,05	1,35	1,72	1,77	1,75	1,91
Arena media (250-500 µm)	0,03	0,04	0,07	0,12	0,13	0,03
Arena gruesa (500-1000 µm)	0,02	0,04	0,07	0,15	0,19	0,01
Arena muy gruesa (1000-2000 µm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clase textural	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
CaCO ₃ (%)	0,00	0,06	0,00	0,10	3,49	3,72
CE extracto (dS/m)	0,49	0,88	5,60	7,22	9,14	8,87
CE (1:2,5 suelo/agua, dS/m)	0,18	0,33	1,68	2,26	2,67	2,37
pH en H ₂ O (1:2,5)	6,59	6,56	7,29	7,82	8,23	8,49
pH en KCl 1 M (1:2,5)	5,46	5,44	6,14	6,78	7,22	7,26
pH en CaCl ₂ 0,01 M (1:2,5)	5,91	6,08	6,94	7,43	7,75	7,86
CIC (cmol _e /kg)	20,27	22,31	27,66	24,67	24,29	23,65
Ca ⁺⁺ (cmol _e /kg)	12,60	15,59	16,84	21,08	-	-
Mg ⁺⁺ (cmol _e /kg)	4,07	4,62	4,62	5,11	6,61	5,36
Na ⁺ (cmol _e /kg)	0,54	0,98	3,37	6,52	9,78	10,29
K ⁺ (cmol _e /kg)	2,66	2,59	2,14	2,41	2,22	2,53
PSI (% p/p)	2,66	4,39	12,18	26,43	40,26	43,51
Dap (gr/cm ³)	1,39	1,29	1,18	1,20	1,19	1,24

3.1.4. Composición de las Unidades cartográficas de suelos

En la figura 36 y la tabla 23 se presentan las Unidades cartográficas de suelos.

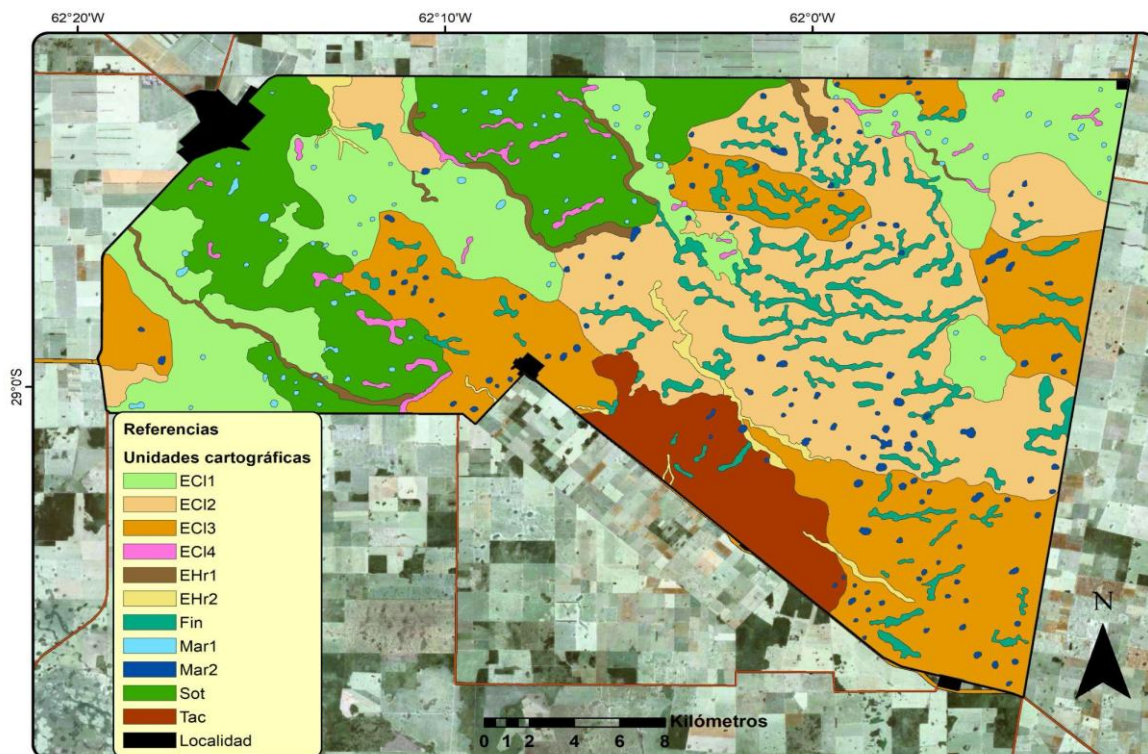


Figura 36. Mapa de unidades cartográficas de suelos.

Tabla 23. Unidades cartográficas de suelos.

Símbolo cartográfico	Denominación	Composición y taxonomía	%	Paisaje	Superficie	
					ha	%
Sot	Complejo diferenciado Sotoscueva	Sotoscueva (Haplustol éntico)	40	Planicie suavemente ondulada	13413	15,8
		Bandera (Haplustol típico)	20			
		Bandera (Haplustol típico, fase poco anegable)	20			
		El Colorado (Argiustol ácuico)	20			
ECI1	Complejo diferenciado El Colorado I	El Colorado (Argiustol ácuico)	50	Planicie deprimida	16613	19,6
		Bandera (Haplustol típico, fase poco anegable)	30			
		Sotoscueva (Haplustol éntico)	20			
ECI2	Complejo diferenciado El Colorado II	El Colorado (Argiustol ácuico)	50	Planicie deprimida anegable	21316	25,2
		El Mataco (Natrustol ácuico)	20			
		Ruta 42 (Argialbol argiácuico)	15			
		Margarita (Argiudol ácuico, fase por drenaje)	15			
ECI3	Complejo diferenciado El Colorado III	El Colorado (Argiustol ácuico)	40	Planicie deprimida anegable (sódica)	19295	22,8
		El Mataco (Natrustol ácuico)	30			
		Fortín Inca (Natralbol típico)	15			
		Tacurú (Endoacualf mólico)	15			
ECI4	Complejo diferenciado El Colorado IV	El Colorado (Argiustol ácuico)	40	Cubetas interconectadas	5872	6,9
		Margarita (Argiudol ácuico, fase por drenaje)	35			
		Ruta 42 (Argialbol argiácuico)	25			
Fin	Complejo diferenciado Fortín Inca	Fortín Inca (Natralbol típico)	40	Cubetas interconectadas (sódicas)		
		El Colorado (Argiustol ácuico, fase por sodio subsuperficial)	35			
		Margarita (Argiudol ácuico, fase por drenaje y sodio subsuperficial)	25			

Tabla 23. Unidades cartográficas de suelos (continuación).

Símbolo cartográfico	Denominación	Composición y taxonomía	%	Paisaje	Superficie	
					ha	%
Ehr1	Complejo diferenciado El Haras I	El Haras (Argiustol típico, fase por drenaje)	50	Vía de escurrimiento	1961	2,3
		Bandera (Haplustol típico)	30			
		Ruta 42 (Argialbol argiácuico)	20			
Ehr2	Complejo diferenciado El Haras II	El Haras (Argiustol típico, fase por drenaje)	50	Vía de escurrimiento (sódica)	1342	1,6
		Ruta 42 (Argialbol argiácuico)	30			
		El Mataco (Natrustol ácuico)	20			
Mar1	Complejo diferenciado Margarita I	Margarita (Argiudol ácuico, fase por drenaje y sodio en profundidad)	70	Cubeta bien manifiesta	4889	5,8
		El Colorado (Argiustol ácuico)	30			
Mar2	Complejo diferenciado Margarita II	Margarita (Argiudol ácuico, fase por drenaje y sodio subsuperficial)	70	Cubeta bien manifiesta (sódica)	84701	100,0
		Ruta 42 (Argialbol argiácuico)	30			
Tac	Complejo indiferenciado Tacurú	Tacurú (Endoacualf mólico)	33,4	Depresión anegable	4889	5,8
		Fortín Inca (Natrálbol típico)	33,3			
		El Mataco (Natrustol ácuico)	33,3			
TOTAL					84701	100,0

4. EVALUACIÓN DE TIERRAS

La evaluación de tierras tiene como fin definir un uso sustentable en base al análisis de las cualidades y limitaciones de diversas características ambientales tales como geomorfología, suelos, vegetación, clima, entre otros (Van Leeuwen et al., 2001). Es un proceso de determinación y predicción del comportamiento de un suelo ante un uso. También es útil para efectuar una valoración numérica de capacidad productiva de la tierra en función a propósitos específicos, tratando de predecir objetivamente el comportamiento del suelo para un uso definido (de la Rosa, 2008).

En este trabajo se realizó la evaluación de tierras mediante dos metodologías: una cualitativa, según la clasificación por Capacidad de Uso (Klingebiel y Montgomery, 1961), y otra paramétrica, a través del Índice de Productividad propuesto por Riquier et al. (1970) y adaptado a las condiciones de Argentina (Nakama y Sobral, 1987).

4.1. Capacidad de Uso

La Capacidad de Uso (CU) es una metodología desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (Klingebiel y Montgomery, 1961), que permite clasificar las unidades cartográficas de acuerdo a su capacidad para sostener tipos generales de uso, en función de la capacidad y las limitaciones permanentes. La capacidad se refiere al potencial de la tierra para un uso determinado sin generar degradación o efectos significativos, mientras que las limitaciones hacen referencia a condiciones que restringen la capacidad de producción de manera permanente (ya sea edáficas o climáticas) y no pueden ser eliminadas con mejoras de menor cuantía (Irigoín, 2011).

La Clasificación por CU presenta dos categorías: clase y subclase. La primera se refiere al nivel de limitación que presenta un suelo y la segunda, al tipo de limitación.

El sistema de clasificación distingue ocho clases (señaladas con números romanos del I al VIII) que indican un aumento progresivo de las limitaciones que presentan los suelos para la producción. Las primeras cuatro clases corresponden a tierras aptas para el cultivo. La clase I son tierras que generalmente no necesitan ningún tratamiento de manejo o conservación especial. En las clases II, III y IV, las limitaciones aumentan progresivamente y, en consecuencia, requieren grados crecientes de cuidado y protección. Las clases V a VII, por lo general no son aptas para agricultura y precisan cuidados más intensos, aún cuando se destinen para pasturas o forestación. Son capaces de producir vegetación natural y/o adaptada. Finalmente, la clase VIII no tiene aplicación agrícola ni ganadera; sólo pueden destinarse para la

recreación, para preservación del ambiente y la biodiversidad, aprovisionamiento de agua o fines estéticos (Musto y Pittaluga, 1980).

Las subclases informan sobre el o los tipos principales de limitaciones que afectan a las clases, a saber:

- Riesgo de erosión (e): está integrada por suelos erosionados y/o con la susceptibilidad a la erosión como limitante para su uso.
- Exceso de humedad (w): corresponde a suelos con drenaje deficiente, exceso de humedad, capa freática próxima a la superficie y/o peligro de anegamiento/inundación.
- Limitaciones del suelo dentro de la zona radical (s): incluye suelos pedregosos, con escasa profundidad efectiva, baja capacidad de retención de humedad, alta salinidad o sodicidad y/o bajo nivel de fertilidad.
- Limitaciones climáticas (c): suelos donde el clima (temperatura y falta de humedad) es el factor determinante para su uso.

Excepto la clase I, el resto admite una o dos de las cuatro subclases y se designan agregando las letras minúsculas “e”, “w”, “s” o “c” a continuación del número de clase, por ejemplo: “IIIe”, “IVws”.

Con frecuencia, ciertos suelos ofrecen dos limitaciones. Por ejemplo: “es” o “ws”, sobre todo en el caso de los complejos y asociaciones de suelos. En las agrupaciones de suelos con dos limitaciones – peligro de erosión e impedimentos en la zona radical – “e” precede a “s”. Asimismo, la restricción por exceso de agua, “w”, antecede a limitaciones en la zona radical, “s”.

La clasificación de Capacidad de Uso para las unidades taxonómicas y cartográficas se observan en las tablas 24 y 25, mientras que en la figura 37 se muestra la distribución para el área en estudio.

Tabla 24. Clases y subclases de Capacidad de Uso para las unidades taxonómicas.

Serie	Perfil representativo	Suelo	CU
Ruta 42	31B	Argialbol argiácuico	IVws
Fortín Inca	2B	Natralbol típico	VIws
Margarita		Argiudol ácuico	IVw
Fase Margarita (por drenaje)		Argiudol ácuico	IVw
Colorado	4A	Argiustol ácuico	IIIsc
El Haras		Argiustol típico	IIIc
Fase El Haras (por drenaje)		Argiustol típico	IIIw
Sotoscueva	23A	Haplustol éntico	IIIsc
Bandera		Haplustol típico	IIIc
Fase Bandera (por anegabilidad)		Haplustol típico	IIIw
El Mataco	33C	Natrustol ácuico	IVws
Tacurú	36B	Endoacualf mólico	VIws

Tabla 25. Clases y subclases de Capacidad de Uso para las unidades cartográficas.

Símbolo	Unidad Cartográfica	CU
Sot	Complejo diferenciado Sotoscueva	IIIws
ECI1	Complejo diferenciado El Colorado I	IIIws
ECI2	Complejo diferenciado El Colorado II	IVws
ECI3	Complejo diferenciado El Colorado III	VIws
ECI4	Complejo diferenciado El Colorado IV	IVws
Fin	Complejo diferenciado Fortín Inca	VIws
EHR1	Complejo diferenciado El Haras I	IIIws
EHR2	Complejo diferenciado El Haras II	IVws
Mar1	Complejo diferenciado Margarita I	IVws
Mar2	Complejo diferenciado Margarita II	VIws
Tac	Complejo indiferenciado Tacurú	VIws

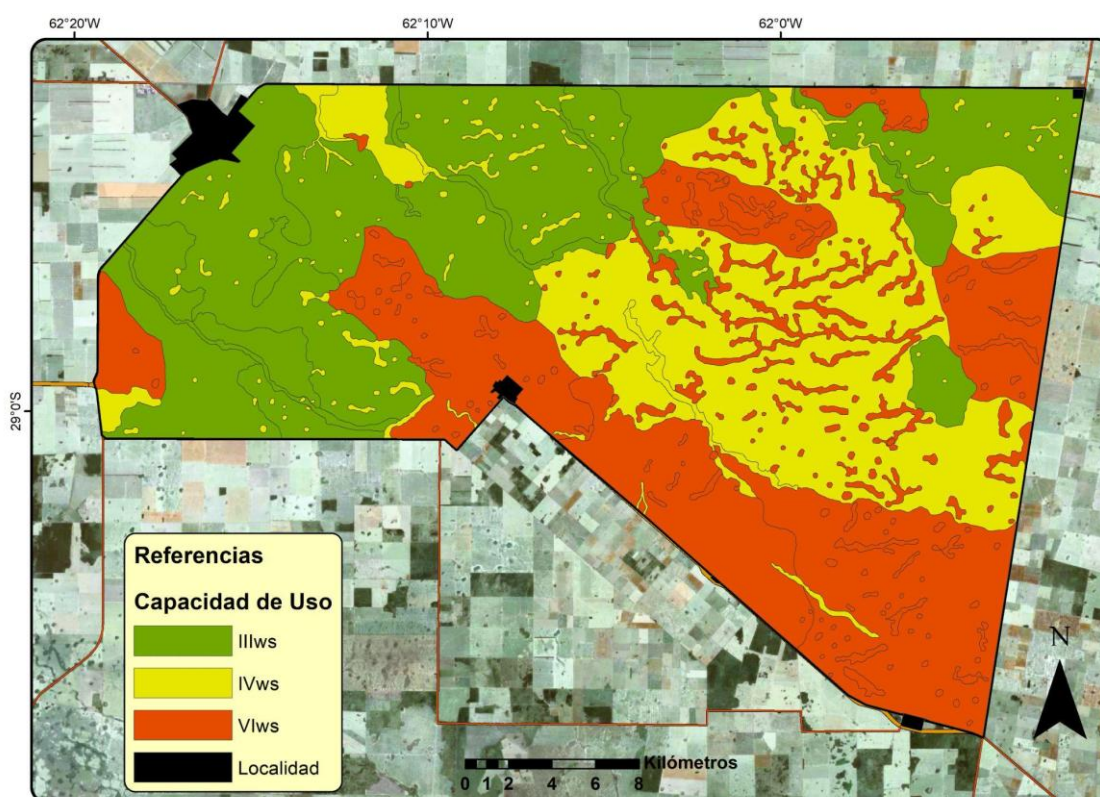


Figura 37. Mapa de capacidad de uso de las unidades cartográficas.

4.2. Índice de Productividad

El índice de productividad (IP) se interpreta como una proporción del rendimiento máximo potencial de los cultivos más comunes de la región, ecotípicamente adaptados, con un determinado nivel de manejo (Tasi et al. 2010).

El IP permite establecer una valoración numérica de la capacidad productiva de las tierras de una región mediante la integración de información edafoclimática y económica. Esta metodología está basada en el sistema

propuesto por Riquier et al. (1970) y Riquier (1972) que plantearon un nuevo sistema de evaluación de suelos en términos de su producción actual, al que se le agregaron modificaciones para lograr su adaptación a distintas condiciones ecológicas del país y al tipo y cantidad de información básica disponible (Nakama y Sobral, 1987).

La determinación del IP comprende dos etapas: primero el cálculo del IP de la unidad taxonómica (IPt), y luego el cálculo del IP de las unidades cartográficas (IPc) a partir de los resultados de IPt y la inclusión de las fases y porcentajes de participación areal de cada unidad taxonómica.

El cálculo del IPt en el área estudiada se basó en la regionalización climática del NOA (figura 38), según la cual las fórmulas utilizadas corresponden a la Región Chaco Pampeana Norte (II) Subregión "C" para el sector este, y a la Región IV Subregión "A" para la parte oeste de la zona de estudio (Nakama y Sobral, 1987).

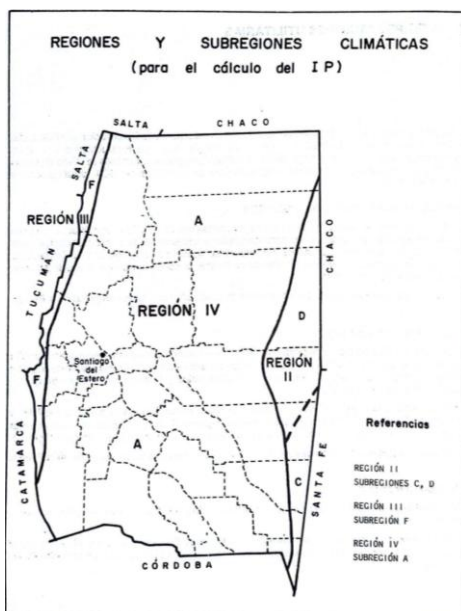


Figura 38. Regiones y subregiones climáticas para el cálculo del IP.
Fuente: Nakama y Sobral, 1987.

4.2.1. Región climática II

Esta región abarca las regiones naturales del Chaco Subhúmedo y el Chaco Aluvial. Desde el punto de vista climático comprende al tipo subhúmedo seco. La fórmula para el cálculo del IPt está integrada por trece parámetros:

$$IPt = H \times D \times Pe \times Ta \times Tb \times Sa \times Na \times MO \times T \times E \times E' \times HA \times I \quad (1)$$

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;
 I: peligro de inundación.

Los cultivos de referencia para este sector son soja, maíz, trigo, algodón, sorgo y girasol. El nivel tecnológico de manejo es medio a alto ya que incluye el empleo de maquinarias, uso de agroquímicos, semillas híbridas y moderado uso de fertilizantes.

A partir de los IPt se calcula el IPc de cada UC utilizando la fórmula 2 o 3, dependiendo si la unidad cartográfica presenta o no fases, ya sea por drenaje, salinidad, etc.

Suelos sin fases:

$$IPc = IPt \times \% + IPT2 \times \% + IPTn \times \% \quad (2)$$

Suelos con fases:

$$IPc = IPt \times \% + IPT \times f \times \% + \dots \quad (3)$$

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). Este índice clasifica el clima según tipos de humedad y es calculado como el porcentaje de excesos (índice de humedad, Ih) menos el 60 % del porcentaje de falta de agua (índice de aridez, Ia), es decir:

$$Im = Ih - (0,6 \times Ia) \quad (4)$$

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

$$I_h = 100 \times \sum_{x_i=1} Ex_i / ETP \text{ anual} \quad (5)$$

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

$$I_a = 100 \times \sum_{x_i=1} F_i / ETP \text{ anual} \quad (6)$$

La ETP calculada según Thornthwaite (1948) y Thornthwaite y Hare (1955) para el área de estudio se presentó en la tabla 4. Con esta información se realizó el balance hídrico seriado 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 la localidad de Bandera (tabla 26), utilizando una planilla de cálculo confeccionada por R. Hurtado y M. Fernández Long de la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, UBA.

Tabla 26. Promedio mensual de excesos y déficits hídricos.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Excesos	11,5	9,2	1,3	2,4	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,0	7,0
Déficits	61,9	36,9	67,9	65,4	26,2	22,1	23,2	37,5	37,6	49,1	23,9	49,8

A partir de estos datos se obtuvo un Ih de **3,5** aplicando la ecuación 3, y un Ia de **-48,4** con la ecuación 4, dando un Im de **32,56** al utilizar estos valores en la ecuación 2. Con este valor se clasificó el área como de clima Húmedo (B1) de acuerdo con la tabla 27, cuyo coeficiente H para el IP es de 0,95.

Tabla 27. 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	$Im > 100$

Drenaje (D)

Se refiere a la rapidez y facilidad con que la que el agua se elimina del suelo, tanto por escurrimiento o avenamiento, como por pasaje a través del suelo mismo hacia las capas subterráneas. Es una característica propia del perfil que se estima a partir observaciones e interpretaciones de la permeabilidad, el escurrimiento, el relieve y otras consideraciones ambientales. Para aplicar este dato en la fórmula de IP se asignó valores de 0,2 a 1 a los distintos suelos de acuerdo con la tabla 28.

Tabla 28. Clases de drenaje del suelo.

Clase de drenaje	Valor
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)

Se refiere al espesor en centímetros del perfil del suelo hasta donde la vegetación realiza la absorción de nutrientes, agua y los intercambios gaseosos. Puede estar reducida por presencia de un contacto lítico o paralítico, nivel freático próximo a la superficie, capas cementadas, cambio textural abrupto o cualquier otra característica química, excluyendo sales y sodio. La Pe determina el volumen de agua que puede almacenar el suelo y donde la vegetación realiza la absorción de nutrientes, agua y los intercambios gaseosos. La cuantificación se realizó según la tabla 29.

Tabla 29. Profundidad efectiva del suelo.

Profundidad efectiva (cm)	Clase	Valor
> 100	Profundo	1,0
100 - 75	Moderadamente profundo	0,8
75 - 50	Moderadamente somero	0,6
50 - 25	somero	0,4
< 25	Muy somero	0,2

Textura del horizonte superficial (Ta)

Esta variable se determinó 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. Este parámetro se toma en función del régimen de humedad del suelo. Para el área de estudio se considera que el régimen es ústico, por lo que en la tabla 30 se muestran los valores para este tipo de régimen.

Tabla 30. Textura del horizonte superficial - régimen ústico.

Textura superficial	Valor
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 subsuperficial (Tb)

Para la textura del horizonte subsuperficial se consideró la composición granulométrica del horizonte subsuperficial. Este parámetro es importante debido a su acción sobre la capacidad de retención de humedad del suelo y sobre el crecimiento radicular. Los valores se asignaron según la tabla 31.

Tabla 31. Textura del horizonte subsuperficial - régimen ústico.

Textura subsuperficial	Valor
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)

Se refiere al contenido de sales solubles hasta una profundidad de 75 cm. La cantidad de sales se mide de manera indirecta por la conductividad eléctrica, expresada en dS/m, de una pasta de suelo saturada a 25 °C. Este factor es importante debido a que el contenido de sales en exceso afecta los cultivos por la toxicidad de algunos iones y el aumento de la presión osmótica de la solución del suelo restringiendo el consumo de agua que se traduce en mermas de rendimientos. Los valores se asignaron según la tabla 32.

Tabla 32. Grados de Salinidad del suelo.

Grado de Salinidad (dS/m)	Valor
> 15	0,4
15 - 8	0,6
8 - 4	0,8
< 4	1,0

Sodicidad (Na)

En este parámetro se considera el porcentaje de sodio de intercambio (PSI) en el perfil y la profundidad donde se registra ese porcentaje (tabla 32). El exceso de iones de sodio en el suelo provoca la desagregación y dispersión de los coloides del suelo debido a que desplaza el calcio y magnesio del complejo de cambio. Los resultados de este proceso son la dispersión de materia orgánica y arcillas, pH elevados, condiciones inadecuadas para la exploración de las raíces, el intercambio gaseoso y movimiento del agua.

Tabla 32. Grados por porcentaje de Sodio de Intercambio.

PSI	Valor
< 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 >= 15 % 20-50 cm	0,2
> 15 % 0-20 cm y >= 15 % 51-100 cm	0,2

Materia orgánica (MO)

Es el contenido en porciento de carbono orgánico presente en el horizonte superficial, multiplicado por el factor de 1,724. Este componente del suelo participa en la intensidad y calidad de los procesos biológicos y en la estabilidad estructural del suelo, mejora el drenaje y reduce el encharcamiento y los efectos de la erosión, y aumenta el aprovechamiento del agua. Los valores se asignaron según la tabla 34.

Tabla 34. Materia orgánica del horizonte superficial.

MO (%)	Valor
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)

Se refiere a la suma total de los cationes intercambiables (calcio, potasio, magnesio y sodio) de un suelo. Cuanto mayor es la CIC mayor es la cantidad de cationes que éste puede retener. En el IP, este parámetro se mide en el horizonte subsuperficial y se vincula con el tipo y porcentaje de arcilla y el contenido de materia orgánica. Los valores se asignaron según la tabla 35.

Tabla 35. CIC del horizonte subsuperficial.

CIC (cmol _e /kg)	Valor
> 20	1,0
20 - 10	0,95
10 - 5	0,9
< 5	0,8

Erosión Hídrica Actual (Eh)

Es un proceso que implica la pérdida de suelo debido al arrastre de las partículas por el agua. Para proteger el suelo de la erosión es necesario mantener la cobertura vegetal con el fin de evitar el impacto directo de las gotas de lluvia. El grado de erosión en un suelo, se establece según las clases de erosión hídrica de las Normas de Reconocimiento de Suelos. En el área

relevada en general no se observan síntomas de erosión dado que posee pendientes menores al 1 %. Los valores se asignaron según la tabla 36.

Tabla 36. Grados de erosión hídrica actual.

Grado	Valor
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)

Es la remoción del suelo causada por la acción del viento. Algunas consecuencias son pérdida de cultivos, contaminación por el polvo y pesticidas, etc. En el sector estudiado se observaron nubes de polvo como resultado del laboreo con rastra diamante. Los grados se asignaron en función de la tabla 37.

Tabla 37. Grados de erosión eólica actual.

Grado	Valor
Sin erosión	1,0
Ligeramente erosionada	0,95
Moderadamente erosionada	0,8
Severamente erosionada	0,6
Gravemente erosionada	0,5
Muy gravemente erosionada	0,2

Erosión Hídrica Potencial (Eh')

Se refiere a la susceptibilidad del suelo a erosionarse en función de la precipitación y grado de la pendiente, por lo tanto el sector noreste del Dpto. Belgrano es prácticamente no susceptible a la erosión. Los valores se asignaron según la tabla 38.

Tabla 38. Grados de erosión hídrica potencial.

Grado	Valor
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)

Es un horizonte subsuperficial de colores claros, frecuentemente blanquecinos, donde la arcilla y los óxidos de hierro libres han sido eliminados por lo que tiene el color de las partículas primarias de arena y limo. Para la determinación de IP se considera la presencia y espesor del horizonte álbico y su combinación con los epipedones mólico u ócrico. Los valores se asignaron según la tabla 39.

Tabla 39. Presencia y espesor del horizonte álbico.

Clase	Valor
Sin presencia de horizonte álbico	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)

Un suelo está anegado cuando no drena el exceso de agua y la retiene. En tanto, la inundación se produce cuando un curso de agua desborda. Estos parámetros se refieren al riesgo que puede tener un suelo de permanecer bajo agua cierto periodo de tiempo y se evaluaron juntos en el cálculo del IP siguiendo las Normas de reconocimiento de suelo (Etchevehere, 1998). Los valores se asignaron según la tabla 40.

Tabla 40. Peligro de anegamiento o inundación.

Clase	Valor
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

Resultados

Con los datos recopilados y clasificados de acuerdo a las tablas previamente expuestas, se calculó el IP para cada unidad taxonómica de suelos conformando el IPT (tabla 41). Posteriormente, se obtuvo el IPc (tabla 42), 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.

Tabla 41. Índices de Productividad de las unidades taxonómicas (IPt-IIC).

Serie	H	D	Pe	Ta	Tb	Sa	Na	Mo	T	I	Eh	Ee	Eh'	Ha	IPt
Fortín Inca	0,95	0,8	1	0,9	1	1	0,4	1	1	0,5	1	0,95	1	0,9	11,7
El Colorado	0,95	0,85	1	0,9	1	1	1	1	0,95	0,5	1	0,95	1	1	32,8
Ruta 42	0,95	0,8	1	1	1	1	1	0,8	0,95	0,5	1	0,95	1	0,9	24,7
Sotoscueva	0,9	1	1	1	1	0,8	0,8	0,95	0,95	0,95	1	0,95	1	1	46,9
El Mataco	0,9	0,9	1	1	1	1	0,8	0,95	1	0,95	1	0,95	1	1	55,6
Tacurú	0,9	0,8	1	0,9	1	1	0,7	0,8	1	0,5	1	0,95	1	1	17,2
Bandera	0,9	1	1	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	0,95	1	1	69,3
Fase Bandera										0,8					55,4
Margarita	0,9	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,5	1	0,95	1	1	31,2
Fase Margarita		0,5													15,6
El Haras	0,9	0,9	1	1	0,9	1	1	1	0,95	0,95	1	1	1	1	65,8
Fase El Haras		0,8													52,6

Tabla 42. Índices de Productividad de las unidades cartográficas (IPc-IIC).

Símbolo	Unidad Cartográfica	IPc
Sot	Complejo diferenciado Sotoscueva	50,3
ECI1	Complejo diferenciado El Colorado I	42,4
ECI2	Complejo diferenciado El Colorado II	33,6
ECI3	Complejo diferenciado El Colorado III	34,1
ECI4	Complejo diferenciado El Colorado IV	24,7
Fin	Complejo diferenciado Fortín Inca	20,1
EHR1	Complejo diferenciado El Haras I	52,0
EHR2	Complejo diferenciado El Haras II	44,8
Mar1	Complejo diferenciado Margarita I	31,7
Mar2	Complejo diferenciado Margarita II	29,2
Tac	Complejo indiferenciado Tacurú	28,0

La distribución de los distintos valores de IPc-IIC en el área de estudio se muestra en la figura 39.

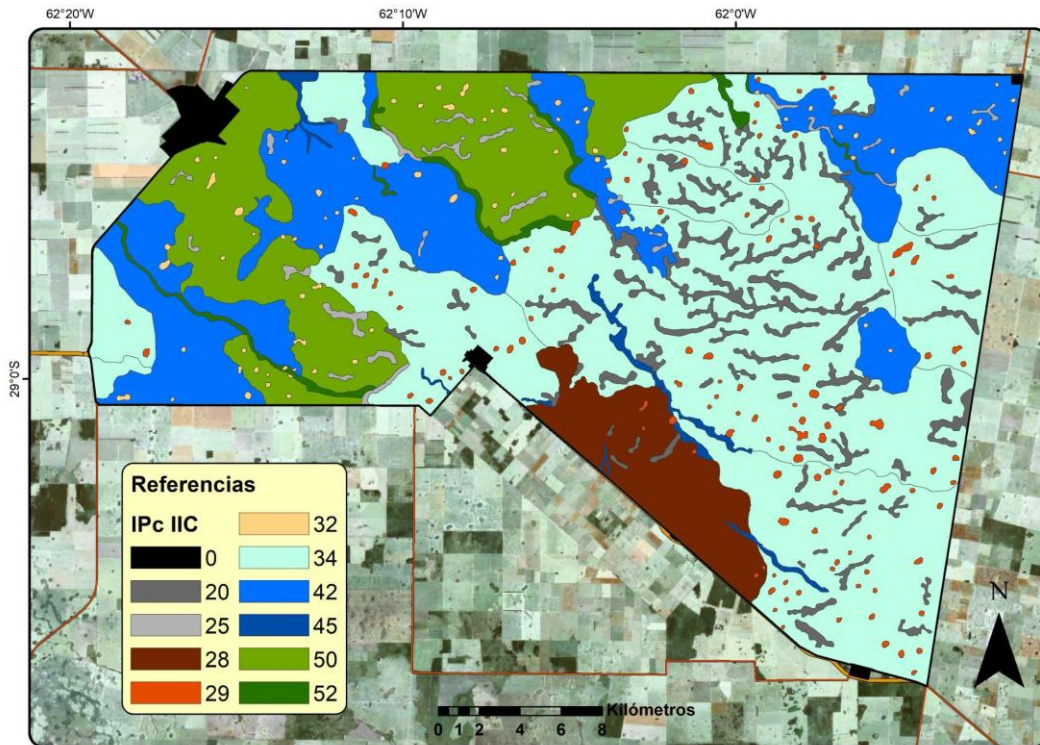


Figura 39. Mapa de Índices de Productividad de las unidades cartográficas (IPc-IIC).

4.2.2. Región Climática IV

Se ubica en el semiárido y comprende las regiones naturales Chaco Semiárido y Chaco Aluvial. Santiago del Estero se sitúa en la subregión A, caracterizada por ambientes de llanura con valores de precipitaciones entre 400 y 600 mm anuales.

La fórmula para el cálculo del IPt de la Región Central Norte (IV) es:

$$IPt = H \times D \times Pe \times Ta \times Tb \times Sa \times Na \times MO \times P \times Pg \quad (7)$$

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;

P: pendiente;

Pg: pedregosidad.

La producción de referencia para este sector es el uso ganadero extensivo y forestal extractivo (carbón y leña) con un nivel de manejo bajo.

A partir de los IPT se calcula el IPC de cada UC de acuerdo a la fórmula 8, ya que en la fórmula de la Región IV no se contemplan las fases.

$$IPc = IPT \times \% + IPT2 \times \% + IPTn \times \% \quad (8)$$

Condición climática (H)

De acuerdo con la tabla 43, dado que el área de estudio se encuentra dentro de la zona A, a la Condición climática (H) le corresponde un índice de 1.

Tabla 43. Clasificación del clima según el tipo de humedad.

Clase	Índice
Zona A	1,0
Zona B	0,7

Drenaje (D)

Las clases de drenaje se presentan en la tabla 44.

Tabla 44. Clases de drenaje del suelo.

Clase de drenaje	Valor
Bien drenado	1,0
Moderadamente bien drenado	0,9
Imperfectamente drenado	0,8
Algo excesivamente drenado	0,7
Pobremamente drenado	0,5
Excesivamente drenado	0,5
Muy pobremamente drenado	0,3

Profundidad efectiva (Pe)

Los valores de Pe utilizados en el IP se tomaron de la tabla 45.

Tabla 45. Profundidad efectiva del suelo.

Profundidad efectiva (cm)	Valor
> 75	1,0
75 - 50	0,9
50 - 25	0,5
< 25	0,2

Textura del horizonte superficial (Ta)

Los valores se asignaron según la tabla 46, correspondiente al régimen ústico.

Tabla 46. Textura del horizonte superficial - régimen ústico.

Textura superficial	Valor
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 subsuperficial (Tb)

Los valores se asignaron de acuerdo con la tabla 47 (régimen ústico).

Tabla 47. Textura del horizonte subsuperficial - régimen ústico.

Textura subsuperficial	Valor
Arenoso	0,6
Areno franco	0,6
Franco arenoso	1,0
Franco	1,0
Franco limoso	1,0
Limoso	1,0
Franco arcilloso	1,0
Franco arcillo limoso	1,0
Franco arcillo arenoso	1,0
Arcillo arenoso	0,9
Arcillo limoso	0,9
Arcillo limoso con arcilla expandible	0,8
Arcilloso	0,8
Sin horizonte	1,0

Salinidad (Sa)

En la tabla 48 se presentan los valores utilizados.

Tabla 48. Grados de Salinidad del suelo.

Grado de Salinidad (dS/m)	Valor
> 8	0,4
8 - 6	0,5
6 - 4	0,6
4 - 2	0,8
< 2	1,0

Sodicidad (Na)

Se cuantifica en función del porcentaje de sodio de intercambio (PSI) en el perfil y la profundidad donde se registra ese porcentaje (tabla 49).

Tabla 49. Porcentaje de Sodio de Intercambio.

PSI	Valor
< 10 % 0-20 cm y < 15 % 20-50 cm	1,0
< 10 % 0-20 cm y < 15 % 51-100 cm	1,0
< 10 % 0-20 cm y \geq 15 % 20-50 cm	0,5
< 10 % 0-20 cm y \geq 15 % 51-100 cm	0,7
10-15 % 0-20 cm y < 15 % 20-50 cm	0,8
10-15 % 0-20 cm y < 15 % 51-100 cm	0,8
10-15 % 0-20 cm y \geq 15 % 20-50 cm	0,3
10-15 % 0-20 cm y \geq 15 % 51-100 cm	0,6
> 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)

Los valores se asignaron según la tabla 50.

Tabla 50. Materia orgánica del horizonte superficial.

MO (%)	Valor
Mólico > 2 %	1,0
Mólico 1 - 2 %	0,95
Ócrico > 1 %	0,8
Ócrico < 1 %	0,7
Úmbrico	0,9

Pendiente (P)

Se define como el desnivel entre dos puntos distantes 100 metros uno de otro en línea horizontal, expresado en porcentaje. Este parámetro afecta la exploración de las raíces, absorción de agua y nutrientes, drenaje interno e infiltración de agua.

En el área de estudio la pendiente es clase 0 por lo que se asignó el valor de 1 para el cálculo del IP, de acuerdo con lo presentado en la tabla 51.

Tabla 51. Clases de pendiente.

Clase	Valor
0 – 0,5 % llana	1,0
0,5 – 1 % suave	0,95
1 - 3 % moderada	0,9
3 - 10 % fuerte	0,7
10 - 25 % muy fuerte	0,5
25 - 45 % escarpada	0,2
> 45 % muy escarpada	0,1

Pedregosidad (Pg)

Las piedras de más de 25 cm de diámetro, así como los afloramientos rocosos, no se consideran parte de la masa del suelo a los fines del establecimiento de clases texturales aunque interfieren en las labores con maquinarias agrícolas. Para la valoración del impacto en el IP se considera la profundidad y el porcentaje.

Esta variable para el sector noreste del Dpto. Belgrano se consideró 1 debido a la ausencia de pedregosidad, según la tabla 52.

Tabla 52. Clases de pedregosidad.

Clase	Valor
0 – 3 %	1,0
3 – 15 %	0,9
15 - 50 %	0,6
50 - 90 %	0,3
> 90 %	0,2

Resultados

De la misma forma que en el caso anterior, se procedió al cálculo del IPT y el IPc, que se presentan en las tablas 53 y 54, respectivamente, y en la figura 40.

Tabla 53. Índices de Productividad de las unidades taxonómicas (IPt-IVA).

Serie	H	D	Pe	Ta	Tb	Sa	Na	Mo	P	Pg	IPt
Sotoscueva	1	1	1	1	1	0,6	1	1	1	1	60,0
El Mataco	1	0,9	0,9	1	1	1	0,7	1	1	1	56,7
Tacurú	1	0,8	1	0,9	1	0,8	0,7	0,9	1	1	36,3
Ruta 42	1	0,8	1	1	1	1	0,7	0,9	1	1	50,4
Fortín Inca	1	0,8	1	0,9	1	1	0,5	1	1	1	36,0
El Colorado	1	0,85	1	0,9	1	1	1	1	1	1	76,5
Bandera	1	1	1	0,9	1	1	1	1	1	1	90,0
Margarita	1	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	90,0
El Haras	1	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	90,0

Tabla 54. Índices de Productividad de las unidades cartográficas (IPc-IVA).

Símbolo	Unidad Cartográfica	IPc
Sot	Complejo diferenciado Sotoscueva	75,3
ECI1	Complejo diferenciado El Colorado I	77,3
ECI2	Complejo diferenciado El Colorado II	70,7
ECI3	Complejo diferenciado El Colorado III	58,5
ECI4	Complejo diferenciado El Colorado IV	74,7
Fin	Complejo diferenciado Fortín Inca	63,7
EHR1	Complejo diferenciado El Haras I	82,1
EHR2	Complejo diferenciado El Haras II	71,5
Mar1	Complejo diferenciado Margarita I	86,0
Mar2	Complejo diferenciado Margarita II	78,1
Tac	Complejo indiferenciado Tacurú	42,7

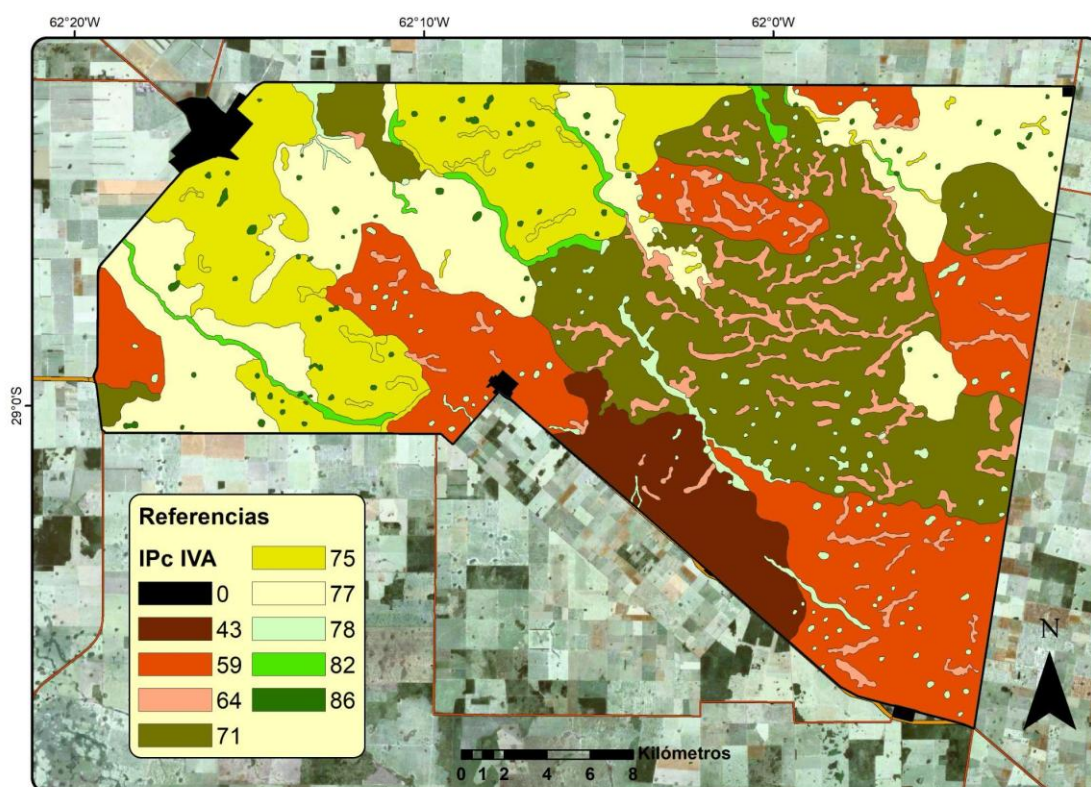


Figura 40. Mapa de Índices de Productividad de las unidades cartográficas (IPc-IVA).

5. RECOMENDACIONES DE MANEJO

Las propuestas de manejo y conservación de los suelos se agrupan de acuerdo a la capacidad de uso y el IP calculado para la Región II-C:

- Grupo 1: IIIws y IVws con valores de IPc-IIC entre 32 y 55.
- Grupo 2: IVws y VIws con valores de IPc-IIC entre 11 y 24.

El productor seleccionará la combinación de prácticas más convenientes de acuerdo con la planificación de su establecimiento agropecuario.

A continuación se describen las prácticas recomendadas para cada grupo.

Grupo 1

- **Rotación de cultivos**

Consiste en implantar cultivos que se alternan o rotan tales como leguminosas perennes, mezclas de gramíneas y leguminosas, con el fin de mantener o incrementar la fertilidad del suelo. Los cultivos seleccionados deberían producir grandes cantidades de residuos, para compensar aquellos que produzcan poco o nada.

En el área estudiada, se evaluó durante 10 años un ensayo de rotaciones en siembra directa. Los cultivos incluidos en el ensayo fueron: soja, trigo, sorgo y algodón en diferentes secuencias de rotación (Sánchez et al., 2019). Algunos resultados fueron:

- Las rotaciones evaluadas mantuvieron las condiciones físicas del suelo con relación al testigo (monte de vegetación natural), con muy buenos valores de densidad aparente, porosidad total y resistencia mecánica a la penetración, lo cual podría estar asociado con las condiciones iniciales del lote (desmonte reciente, altos niveles de COT) y al bajo tránsito de maquinaria pesada. Sin embargo, la secuencia trigo-soja presentó, luego de 10 años de cultivo, menores contenidos de COT, Nt y carbono liberado por la actividad biológica que el resto de los tratamientos (González et al., 2014).
- En las secuencias donde se incorpora trigo, sorgo o maíz se incrementan los contenidos de COP y disminuye la tasa de mineralización del carbono debido a la mayor intensidad de cultivos y aporte de rastrojo (Tissera, 2016).
- La inclusión de una gramínea en la rotación, en este caso sorgo, por la cantidad, calidad y distribución homogénea de rastrojo contribuye a la estabilidad y aumento de rindes de los cultivos debido que favorece la dinámica del agua en el suelo (Puig et al., 2008)

- **Cultivo de servicio (CS)**

La finalidad de la siembra de estos cultivos es mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la capacidad de retención de agua, incrementar y favorecer la biodiversidad, proteger al cultivo principal de plagas y disminuir el riesgo de salinización. Algunas experiencias llevadas a cabo en la provincia de Santiago del Estero determinaron que:

- Es factible realizar CS (trigo ciclo corto, centeno de ciclo corto, trigo ciclo largo, triticale, vicia villosa y trébol de olor blanco) en la región chaqueña semiárida de Santiago del Estero. Independientemente del CS, la mayor ETr y por lo tanto producción de biomasa está asociada a secados tardíos, pero con interacción entre CS y ambiente (Prieto Angueira et al., 2018a).
- Los CS en la región Chaqueña Semiárida disminuyen el agua útil y el nitrógeno disponible a la siembra del cultivo de verano con respecto al barbecho químico si llegan al final de su período de crecimiento, ocasionando un costo hídrico que se incrementa con el retraso del secado (Prieto Angueira et al., 2018b; Prieto Angueira et al., 2019).
- Además los CS son una alternativa para mejorar el control de malezas (Prieto Angueira et al., 2020).

- **Fertilización**

Adición de nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, etc. Las dosis dependen del tipo del suelo (disponibilidad del nutriente), requerimiento del cultivo, la historia del lote y nivel de rendimiento deseado.

- **Subsolado**

Esta herramienta mejora la estructura del suelo debido que, al generar grietas, incrementa la infiltración y favorece la exploración de las raíces.

En experiencias realizadas en San Marcos Sud, Córdoba, sobre suelos alcalinos-sódicos se observaron incrementos del rendimiento de soja del 32% por la aplicación de yeso y del 42% por la adición de yeso + urea cuando el suelo se subsoló a 40 cm de profundidad (Aimetta et al. 2023).

Para realizar esta práctica es necesario un diagnóstico inicial midiendo la resistencia mecánica a la penetración, preferentemente en condiciones de humedad del suelo cercanas a capacidad de campo. Esto permitirá conocer el nivel de compactación y a qué profundidad se encuentra.

- **Enmienda con yeso agrícola**

Se aplica en suelos sódicos y/o salino-sódicos con el fin de mejorar la calidad físico-química (reducir el pH y PSI) y física (aumentar la agregación), lo cual favorece la germinación y crecimiento de los cultivos y especies forrajeras. Esta práctica requiere de un diagnóstico inicial de las condiciones químicas del lote (pH, conductividad eléctrica, CIC y PSI) para definir la dosis y forma de aplicación.

Grupo 2

- **Implantación de pasturas para suelos salinos y/o alcalinos**

Consiste en sembrar pasturas adaptadas a las características de estos suelos. Se pueden implantar especies megatérmicas, como la Grama rhodes (*Chloris gayana*), y bianuales como el trébol de olor blanco (*Melilotus alba*), solas o en consociación. También los cultivos invernales tales como cebada (*Hordeum vulgare*) y centeno (*Secale cereale*) prosperan en estos suelos.

- **Pastoreo rotativo**

Para mantener la cobertura vegetal y evitar la degradación del suelo se debería planificar un pastoreo rotativo. Esto significa combinar la carga animal correcta con períodos cortos de aprovechamiento y descansos oportunos según las características de la pastura.

- **Manejo de pasturas para pastoreo y/o reservas para la época invernal (henificar, ensilar, etc.)**

Los objetivos en una pradera pueden ser: 1- la máxima cantidad y calidad del forraje, especialmente en periodos de escasez; 2- conservación de la pastura permanente para una cosecha productiva, proporcionando las condiciones más favorables; 3- establecimiento y preservación de un equilibrio entra gramíneas y leguminosas, para que la necesidad de nitrógeno de las gramíneas sea satisfecho por la fuente económica de nitrógeno proporcionada por las leguminosas. Para lograrlos, algunas prácticas son:

- Sistemas de pastoreos rotativos,
- Fertilización,
- Control de malezas para evitar la competencia por nutrientes, agua y luz,
- Consociación gramíneas- leguminosas
- Reimplantación de las forrajeras mediante la utilización de una herramienta mecánica, por ejemplo cincel, rastra o rolo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aimetta M. B., Gudelj V. J. y Conde M. B. (2023). Efecto de la fertilización e inoculación sobre la producción del cultivo de soja en suelos sódicos. En: Actas del VII Congreso de la Red Argentina de Salinidad y II Simposio Latinoamericano de Salinidad. 19 al 22 de septiembre de 2023, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Amdan M., Aragón R., Jobbágy E., Volante J., y Paruelo J. (2013). Onset of deep drainage and salt mobilization following forest clearing and cultivation in the Chaco plains (Argentina). *Water Resources Research*, 49: 6601-6612.

Bedendo D. J., Schulz G. A., Olmedo G. F., Rodríguez D. M. y Angelini M. E. (2016). Updating a Physiography-Based Soil Map Using Digital Soil Mapping Techniques. En: J. A. Zinck, G. Metternicht, G. Bocco y H. F. Del Valle (Eds.), *Geopedology, An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies*. Ed. Springer International Publishing.

Blake G. R. y Hartge K. H. (1986). Bulk density. En: *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*. A. Klute (Ed.) SSSA Book Series, 5: 363-375.

Boletta P. E. (1988). Clima del Chaco semiárido. En: *Food and Agriculture Organization (Eds.), Desmonte y habilitación de tierras en la región chaqueña semiárida*. Office for Latin America and the Caribbean, Santiago, Chile, pp. 7-21.

Bower C. A., Reitimeier R. F. y Fireman M. (1952). Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science*, 73(4): 251-262.

Bray R. H. y Kurtz L. T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science*, 59(1): 39-46.

Bremner J. M. (1960). Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *The Journal of Agricultural Science*, 55(1): 11-33.

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

Castellanos A. (1968). Desplazamientos naturales, en abanico, del río Salado del Norte en la llanura Chaco-Santiagoño-Santafesina. *Publicaciones*

del Instituto de Fisiografía y Geología, Universidad Nacional de Rosario, N° 52, Rosario. 19 pp.

Cervelli O., Boetto M., Duffau R., Forte M., Martin R., Escurra F., Martinez C., Tomasini S., Sanchez C., Frola E., Cantos M., Lezcano E., Umlandt L. e Ibañez M. (1982). D.G.M. y G. 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. 160 pp.

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

Collins S. H. (1906). Scheiblers apparatus for the determination of carbonic acid in carbonates; an improved construction and use for accurate analysis. Journal of the Society of Chemical Industry, 25: 518-522.

De la Rosa, D. (2008). Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Ediciones Mundi Prensa, 404 pp.

Elena H., Noe Y., Paoli H., Vale L., Morale Proclava C., Mosciaro J. y Volante J. (2012). Detección de zonas de riesgo ambiental por intensificación agrícola a escala regional. INTA Salta, Recursos Naturales, Laboratorio de Teledetección y SIG.

Etchevehere P. (1998). "Normas de reconocimiento de suelos. Actualización". Universidad de Lomas de Zamora. Artes Gráficas NesDan S.R.L. Buenos Aires. 237 pp.

Giménez R., Mercau J. L., Houspanossian J. y Jobbágy E. G. (2015). Balancing agricultural and hydrologic risk in farming systems of the Chaco plains. Journal of Arid Environments, 123: 81-92.

Giménez R. (2016). Impacto hidrológico de distintas estrategias agrícolas en el Chaco semiárido. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Buenos Aires Facultad de agronomía. Buenos Aires. Argentina.

Ginzburg R., Torrella S. y Adámoli J. (2007). Cuantificación y análisis regional de la expansión agropecuaria en el Chaco Argentino. En: M. Pacha, S. Luque, L. Galetto, and L. Iverson (editores). Understanding Biodiversity Loss:

An overview on Forest Fragmentation in South America. IALE Landscape Research and Management papers. International Association of Landscape Ecology. pp 28-38

Giraut M., Laboranti E., Rey C., Fioriti M. y Ludueña S. (2001). Cuenca Propia de los Bajos Submeridionales. Creación de una unidad hídrica independiente. En: Seminario Argentino-Holandés. Gestión Sostenible del Agua y Control de Inundaciones. Área Pampeana Central y Bajos Submeridionales. 24 y 25 de abril de 2001. Buenos Aires, Argentina.

González C. C., Galizzi F. A., Sánchez M. C., Azar A. E., Puig O. y Coronel G. (2014). Efectos de secuencias de cultivos en siembra directa sobre propiedades de un molisol. En: Actas del XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y II Reunión Nacional Materia Orgánica y Sustancias Húmicas. 5 al 9 de mayo de 2014, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

Greweling T. y Peech M. (1965). Chemical soil tests bulletin 960. Cornell University Agricultural Experiment Station. New York State College of Agriculture, Ithaca, New York. 59 pp.

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

Hissink D. J. (1930). Report of the Committee of soil reaction measurements. Part 1: Results of the comparative investigation on quinhydrone electrode method. Soil Research, 2: 141-144.

INTA. (2023). Datos de velocidad del viento a 2 m de altura, radiación solar y heliofanía efectiva, periodo 2015-2022. Disponible en: <https://siga.inta.gob.ar/>.

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 la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Escuela para Graduados. 186 pp. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2011irigoinjulieta.pdf>.

Iriondo M. (1990). La Formación Urundel. Un loess chaqueño. International Symposium on loess, Expanded abstracts, pp. 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.

Jobbágy E. G., Noretto M. D., Santoni C. S. y Baldi G. 2008. El desafío ecológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología austral* 18: 305-322.

Klingebiel A. y P. Montgomery. (1961). Land capability classification. *Agricultural Handbook 210*, Soil Conservation Service, U.S.D.A., Washington DC, pp 1-21.

Kurtz D., Matteio H., Vallejos O., Garay J., Perucca S., Ybarra D., Collantes A., Escobar C., Matteio J., Flores C., Barrios R., López C., Macías D., Barrios R., Perucca A., Sanabria M., Rey Montoya T., Grancic C., Falcón M., Falcón R. y Lencinas R. (2018). Asistencia técnica para el sector de la producción de la provincia de Corrientes. Cartografía de suelos y evaluación de tierras del Departamento Mercedes, Corrientes. Disponible en: <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2018/01/informe-final-mapa-de-suelos-mercedes.pdf>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2023). Estimaciones Agrícolas. Disponible en: <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar>

Monitoreo de desmonte. (2016). Descargas - Monitoreo de desmonte. Disponible en: <http://monitoreodesmonte.com.ar>.

Morello J. (1968). Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Primera parte. INTA, Serie Fitogeográfica N° 10, 125 pp.

Morello J., Mateucci S., Rodríguez A. y Silva M. (2012). Ecorregión del Chaco Seco. En: *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, pp 151-204.

Moretti L. M., Vizgarra L. A., Morrás H. J. M., Rodríguez D. M., Schulz G. A., Paladino I. R., Bressan E. M. y Laghi J. D. (2020). Origen de los materiales parentales y génesis de suelos en el extremo noroccidental de la cuenca de los Bajos Submeridionales, Santiago del Estero, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 27(1): 29-53.

Moretti L. M., Vizgarra L. A., Morrás H. J. M., Schulz G. A., Rodríguez D. M., Paladino I. R., Bressan E. M., y Laghi J. D. (2018). Consideraciones acerca del origen y evolución de los suelos en el Noreste de Santiago del Estero. Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, pp 1512-1517. Tucumán, Argentina.

Moretti L. M., Vizgarra L. A., Rodríguez D. M., Schulz G. A., Paladino I. R. y Morrás H. J. M. (2017). Nuevos aportes sobre la génesis y taxonomía de los suelos en el Noreste de Santiago del Estero. Actas XX Congreso Geológico Argentino Actas Simposio, pp 73-77. Tucumán, Argentina.

Munsell. 1975. Standard soil color charts.

Musto J. y Pittaluga A. (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. 493 pp.

Nakama V. y Sobral R. (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, 1: 5-35.

Nosetto M., Jobbágy E., Brizuela A. y Jackson R. (2012). The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. Agriculture, Ecosystems y Environment, 154: 2-11.

Nosetto M. D., Paez R., Ballesteros S. I. y Jobbágy E. G. (2015). Higher watertable levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. Agriculture, Ecosystems y Environment, 206: 60-70.

Paruelo J. M., Verón S. R., Volante J. N., Seghezze L., Vallejos M., Aguiar S., Andam L., Baldassini P., Ciuffoli L., Huykman N., Davanzo B., Gonzalez E., Ledesmann J. y Picardi D. (2011). Elementos conceptuales y metodológicos para la Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAAc) en bosques subtropicales . El caso del este de Salta, Argentina. Ecología Austral 21: 163–178.

Peech M. (1945). Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soil - rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. *Soil Science*, 59(1): 25-38.

Peña Zubiarte C. A., Salazar Lea Plaza J. C., Scoppa C. O., Musto J. C., Olmos J., Ruiz Cerdán E., Bruzzone J., Benedek L. y Rondini M. S. (1978). Carta de suelos de los Departamentos Belgrano y General Taboada Provincia de Santiago del Estero para el desarrollo agropecuario de la región centro-este. Convenio C.E.S.E. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la provincia de Santiago del Estero.

Prieto Angueira S., Berton M. C. y Ventura J. (2018a). Cultivos de cobertura en Santiago del Estero: I. Biomasa, evapotranspiración y eficiencia de uso del agua. En: *Actas del XXVI Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*. 15 al 18 de mayo de 2018, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, pp 1271-1276.

Prieto Angueira S., Berton M. C. y Ventura J. (2018b). Cultivos de cobertura en Santiago del Estero: II. Dinámica del agua y costo hídrico. En: *Actas del XXVI Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*. 15 al 18 de mayo de 2018, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, pp 1277-1282.

Prieto Angueira S., Berton M. C. y Ventura J. (2019). Efecto de los cultivos de servicio sobre la disponibilidad de agua y nitrógeno y el rendimiento en el cultivo de maíz en Santiago del Estero. En: *Actas del Simposio Fertilidad 2019 "Conocer más. Crecer mejor."* 8 y 9 de Mayo de 2019, Rosario, Santa Fe, Argentina, pp 272-277.

Prieto Angueira S., Berton M. C. y Ventura J. (2020). Ecología y cultivos en los sistemas de producción del CREA: Región Chaco Santiagueño. En: Satorre E. H. (Ed.), *Sistemas Productivos Sostenibles*. CREA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, pp 285-295.

Puig O., Coronel G., Angella G., Sánchez M. C., Prieto D., Prieto Angueira S., Salvatierra J., Acuña L. R., Azar A. E. y Valoy M. (2008). *Sistemas Agrícolas Sostenibles. Ensayo de rotaciones en siembra directa*. Bandera, Departamento Belgrano, Santiago del Estero. Informe de la campaña agrícola 2007/2008. Análisis del ciclo de rotaciones 2002/2003 a 2007/2008. Publicación del INTA. Centro Regional Tucumán – Santiago del Estero. EEA Santiago del Estero. 17 pp.

Ramos V. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina, Anales 29(3): 41-96.

Ramos V., Cristallini E. y Pérez D. (2002). The Pampean flat-slab of the Central Andes. Journal of South American Earth Sciences, 15: 59-78.

Richards L. A., ed. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook N° 60. US Department of Agriculture, Washington D.C. 160 pp.

Riquier J. (1972). Soils and Tropical Weathering - Proceedings of the Bandung Symposium, 1969. Natural Resources Research Series, 9. UNESCO, Paris, 149 pp.

Riquier J., Bramao D. L. y Cornet J. P. (1970). A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity. AGL/TESR/70/6, FAO, Rome, 35 pp.

Robinson G. W. (1922). A new method for the mechanical analysis of soils and other dispersions. Journal of Agricultural Science, 12(3): 306-321.

Rossiter D. y Vargas Rojas R. (2004). Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. ITC, Enschede, Netherlands. Disponible en: http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/_static/files/pdf/SSM_LectureNotes2_E.

Sánchez M. C., Lopez J. M., Duffau A. R., Galizzi F. A., Barraza G. A., Amarilla M. E., Prieto Angueira S., Berton M. C., Ventura J., Lescano M. D., Storniolo A. del R., Terribile E. M., Thir J. M., Trejo W. M., Pavón J. A., Contreras S. G., Silberman J., Albanesi A., Anriquez A., Kunst C. R., Domínguez Nuñez J., Suarez A., Ledesma R. R., Grasso D., Navall M., Vizgarra L. A., Venier P., Kowaljaw E., Vaieretti M. V., Ferreras A., Gomez A. T., Tamer A., Puig O., Coronel G., Prieto D., Angueira C., Angella G. A., Cornacchione M. V., Ledesma M., Bolañez L., Mas L. I., Álvarez C., Osinaga N., Salvatierra J. I., Tomsic P. D. y Lizzi J. (2019). Capítulo: Provincia de Santiago del Estero. En: R. Casas y F. Damiano (Ed.), Manual de buenas prácticas de manejo y conservación del suelo y del agua en áreas de secano de la Argentina – Tomo 2 (385-421). Fundación FECIC, Argentina.

Santoni C., Jobbágy E. y Contreras S. (2010). Vadose zone transport in dry forests of central Argentina: role of land use. Water Resources Research, 46, W10541.

Sayago J. (1995). The Argentine neotropical loess: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 14: 755-766.

Servicio Meteorológico Nacional. (2023). Datos de temperaturas y precipitaciones de la estación CERES AERO. Disponible en: <https://www.smn.gob.ar/observaciones> y <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>.

Schefer E., Mercau J. L., Nosetto M. Jobbágy E., Houspanossian J., Marano R. P., Giménez R. (2020). El nuevo contexto hidrológico del área agrícola de Bandera, Santiago del Estero, interpretado a partir de datos de nivel freático. 3° Congreso Internacional del Gran Chaco Americano. Santiago del Estero, Argentina.

Schoeneberger P., Wysocki D. y Benham E. (2012). Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

SENASA. (2023). Caracterización de existencias bovinas. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/bovinos/bovinos-y-bubalinos-sector-primario>

Soil Survey Division Staff (1993). Soil Survey Manual. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture Handbook 18, Washington DC. 315 pp.

Soil Survey Staff. (2022). Keys to Soil Taxonomy, 13th edition. USDA Natural Resources Conservation Service. 401 pp.

Sparks D. L. (Ed). (1996). Methods of Soil Analysis. Part 3 - Chemical Methods. ASA, SSSA, CSSA, Madison, USA.

Tasi H., Barbagelata P., Schulz G. y Paz González A. (2010). Índice de productividad específico para maíz como potencial predictor del rendimiento y su variabilidad. Actualización técnica N° 2 – Maíz, girasol y sorgo 2010, p 13. Proyecto Regional Agrícola – 630021, INTA - EEA Paraná.

Thornthwaite C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55-94.

Thornthwaite C. W. y Hare F. K. (1955). La clasificación climatológica en dasonomía. *Unasyuva*, Vol. 9, N° 2.

Tissera E. M. J. 2016. Rotaciones de cultivo en siembra directa: efectos en las fracciones de carbón del suelo. Tesina de grado para la carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. 71 pp.

Torres Bruchmann E. (1981). Climatología general y agrícola de la Provincia de Santiago del Estero. Departamento de Ecología. Publicación N° 1301. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. 199 pp.

Tricart, J. (1965a). Principes et méthodes de la géomorphologie. Paris, Masson. 496 pp.

Tricart, J. (1965b). Morphogenèse et pédogenèse. I. Approche méthodologique: géomorphologie et pédologie. Sciences du Sol N°1, 69-85.

Van Leeuwen A., Köbrich C. G., y Maino M. (2001). Programación lineal para la elaboración de escenarios óptimos de uso de la tierra. Un método para el ordenamiento territorial basado en la evaluación de tierra con estudios de caso de Brasil y Chile. Food and Agriculture Organization (FAO). Santiago, Chile.

Van Wambeke A. y Forbes T. 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.

Van Wambeke A. y Scoppa C. O. (1980). Las tasas climáticas de los suelos argentinos. Determinación de las definiciones de la Soil Taxonomy utilizando el modelo matemático de Newhall y computación en Fortran. Centro de Investigaciones de Recursos Naturales, INTA. Publicación N° 168, 24 pp.

Villota H. (1997). Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. Revista CIAF, 15(1): 83-117.

Vizgarra L. A., Moretti L. M., Rodríguez D. M. y Schulz G. A. (Eds.). (2018). Carta de suelos de la República Argentina, subcuenca La Esperanza, Departamento Moreno, provincia de Santiago del Estero. Ediciones INTA, Hurlingham, Argentina. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/carta-de-suelos-de-larepublica-argentina-subcuenca-la-esperanza-departamentomoreno-provincia-de-santiago-del-estero>.

Volante J. N. (2014). Dinámica y consecuencias del cambio en la cobertura y el uso del suelo en el Chaco Semiárido. Tesis doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Walkley A. (1947). A critical examination of a rapid method for determination organic carbon in soil: effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63: 251-264.

Yamazaki D., Ikeshima D., Tawatari R., Yamaguchi T., O'Loughlin F., Neal J. C., Sampson C. C., Kanae S. y Bates P. D. (2017). A high-accuracy map of global terrain elevations. *Geophysical Research Letters*, 44: 5844–5853. <https://doi.org/10.1002/2017GL072874>.

Zinck J. A. (1988). *Physiography and Soils*. Lecture Note SOL.4.1. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Enschede (NL), 156 pp.

Zinck J. A. (2012). *Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. ITC Special Lecture Notes Series, ITC. Enschede.

ANEXO I

Descripción	C _e _{ex} (dS/m)	pH _{ex}	Na _{int} (mEq/100g)	CIC (mEq/100g)	PSI (%)
4A (Btk)	2,80	7,40	5,20	21,90	24,00
4A (BCK)	3,10	7,50	7,00	24,60	28,00
5A (BCK)	0,81	7,60	2,40	20,90	11,00
6A (Btk)	3,30	7,50	3,60	18,20	20,00
6A (BCK)	5,60	7,50	6,10	21,40	29,00
14A-Ap	0,48	6,50	0,30		
14A-A	0,27	6,80	0,20		
14A-Bw	0,34	6,90	0,80		
14A (BCK)	2,20	7,40	2,80	20,90	13,00
14A (CK)	5,10	7,40	5,30	19,80	27,00
20A (A)	1,18	6,80	0,80		
20A (Bw)	2,60	7,40	2,20	19,80	11,00
20A (BC)	5,09	7,40	3,00	19,30	15,00
20A (C)	11,53	7,40	5,20	18,70	28,00
23A (2BC)	7,00	7,40	4,60	18,20	25,00
24A (A)	4,60	6,60	1,10		
24A-Bw	8,01	6,60	3,00		
24A-BC	13,30	6,30			
24A-2Bt	10,40	6,70			
26A-C	1,10	7,20			
28A-A	0,64	7,6	0,3		
28A-Bw	1,17	7,2	0,5		
28A-BC	4,48	7,1	1,2		
28A-C	6,85	7,2	3,3		
30A-BC	1,70	7,50			
31A-A	1,77	7,2	0,3		
31A-Bt1	1,47	7,3	0,8		
31A-Bt2	3,30	6,4	4,3		
31A-BC	4,56	6,7	8,1		
38A-C	0,70	7,80			
40A-A	1,51	6,8	0,4		
40A-Bw	1,21	6,8	0,4		
40A-BC	2,60	6,6	1,4		
40A-2C	6,75	6,6	3,7		
40A-2Ck	14,20	7,20			
3B (E)	0,49	7,00	0,80	13,90	6,00
3B (Bt1)	3,37	7,50	4,40	19,30	23,00
3B (Bt2)	1,72	7,30	6,50	22,50	29,00
3B (BC)	3,55	7,70	5,80	22,50	26,00
3B (C)	5,87	7,80	6,20	21,40	29,00
4B-A	3,94	6,70	1,90		
4B-Bt	5,86	6,80	4,10		
4B-BC	6,63	7,00	5,20		
4B-C	8,10	7,30			
5B (A)	1,11	6,8	0,4		
5B (Bt1)	2,12	6,8	1,7		

Descripción	Ce _{ex} (dS/m)	pH _{ex}	Na _{int} (mEq/100g)	CIC (mEq/100g)	PSI (%)
5B (Bt2)	3,03	6,8	3,3		
5B (BC)	4,10	7,20	3,90	20,90	19,00
10B-A	0,54	7,30	0,70		
10B-Bt	1,40	7,20	1,50		
10B (BC)	1,82	7,30	1,70	18,70	9,00
10B (2Bt)	3,02	7,40	2,60	19,30	13,00
14B (Btk1)	6,30	7,20	3,50	19,80	18,00
14B (Btk2)	8,20	7,20	4,60	18,70	25,00
14B (Btk3)	11,70	7,30	5,80	18,20	32,00
15B (Bt1)	1,00	7,00	0,70	14,40	5,00
15B (Bt2)	4,10	7,50	5,30	19,80	27,00
16B-A	0,81	6,9	0,4		
16B-AB	2,46	6,6	1,0		
16B-Bt1	2,70	6,7	1,8		
16B-Bt2	4,80	6,90			
16B-Bt3	7,60	7,20			
17B-Ap	6,20	6,80	2,20		
17B-AB	5,95	7,00	4,00		
17B-Bt	6,03	7,00	4,70		
17B (Bt2)	7,76	7,70	6,30	22,50	28,00
17B (Bt3)	8,20	7,60	7,30	23,50	31,00
20B (A)	0,59	7,20	0,20	15,50	1,00
20B (Bt1)	0,35	7,60	1,30	18,70	7,00
20B (2Bt2)	1,08	7,80	4,10	21,90	19,00
20B (2Bt3)	2,06	7,90	7,60	22,50	34,00
24B-A	0,38	6,9	0,7		
24B-Bt1	0,54	6,9	2,3		
24B-2Bt2	0,81	7,0	5,3		
24B-2Bt3	2,68	6,9	2,8		
24B-2Bt4	6,18	7,1	8,5		
27B-A	2,10	6,90	0,70		
27B-Bt1	2,82	6,90	1,70		
27B-Bt2	4,10	7,40			
27B-Bt3	4,40	7,40			
27B-Bt4	4,20	7,50			
28B-A	10,10	6,8	2,6		
28B-AC	11,69	6,8	3,9		
28B-C	11,28	6,8	4,5		
28B-2Bt1	13,10	6,0	6,2		
28B-2Bt2	10,70	7,20			
33B-A	0,80	6,70	0,40		
33B-Bt1	1,83	7,20	1,60		
33B-Bt2	2,94	7,00	2,90		
33B-Bt3	3,50	7,40			
41B-Ap	1,20	6,4	0,2		
41B-A1	0,81	6,6	0,3		
41B-A2	0,50	6,8	0,4		
41B-E	0,32	6,6	0,6		
41B-Bt	0,20	6,5	1,5		

Descripción	Ce _{ex} (dS/m)	pH _{ex}	Na _{int} (mEq/100g)	CIC (mEq/100g)	PSI (%)
3C-BC	1,20	7,60			
3C-C	1,30	7,50			
4C-C	4,20	6,80			
7C (AC)	0,93	6,80	0,30	17,70	1,00
7C (C)	7,93	7,10	3,30	19,30	17,00
14C (BC)	0,40	7,20	0,40	17,10	2,00
14C (C)	1,10	7,60	2,80	19,30	15,00
14C (Ck)	3,30	7,60	5,50	19,80	28,00
16C (Bt3)	0,50	7,50	0,30	21,90	7,50
21C-Ap	10,03	6,00	1,40		
21C-A	10,70	6,30	1,00		
21C-Bt1	10,34	6,50	2,20		
21C-Bt2	15,20	6,70			
21C-BC	15,20	6,80			
21C-Ck	16,20	7,00			
22C-Ap	1,40	6,80	0,30		
22C-A	0,70	7,00	0,30		
22C-AC	1,40	7,30			
22C-C	4,50	7,00			
22C-Ck	1,60	7,20			
25C (A)	0,98	7,70	4,40	22,50	19,00
25C (AB)	0,68	7,40	0,20	19,80	1,00
25C (Bt1)	0,86	7,30	3,00	17,70	17,00
25C (Bt2)	0,79	7,20	0,50	20,30	3,00
27C-BC	1,60	7,20			
27C-2Bt	8,50	7,20			
27C-2BC	11,70	6,90			
28C-Bt2	0,60	7,30			
28C-Bt3	0,50	7,40			
30C-A	0,57	6,3	0,6		
30C-Bw	2,11	6,4	1,2		
30C-BC	5,36	6,4	3,1		
30C-C	6,35	6,5	4,5		
30C-Ck	9,40	7,30			
36C-A	0,44	7,20	0,40		
36C-Bt1	0,38	7,40	0,60		
36C-Bt2	0,37	7,30	1,00		
36C (2Bt3)	0,94	7,40	2,90	20,30	14,00
36C (2Bt4)	1,65	8,10	6,00	23,50	25,00