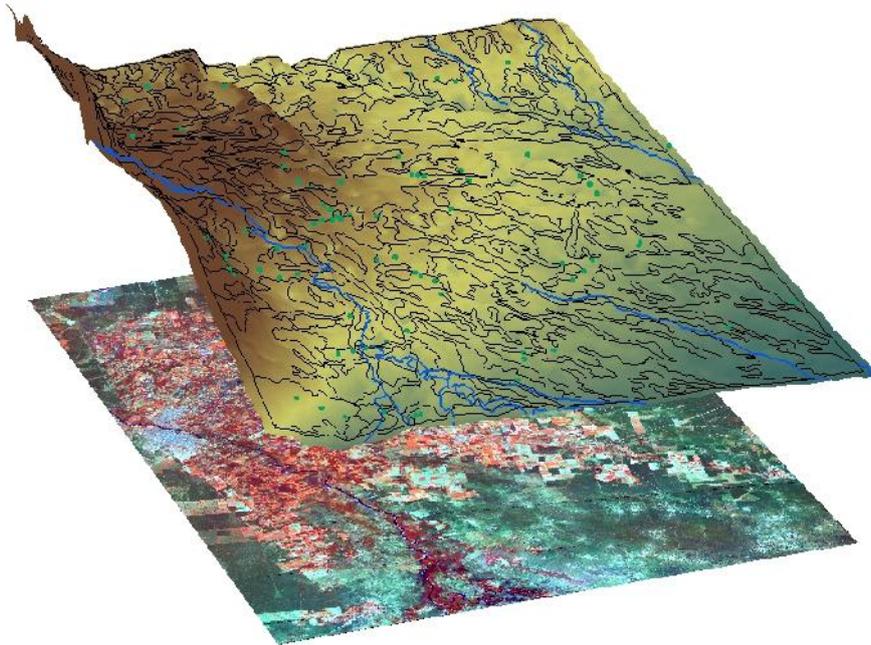




Relevamiento de suelos utilizando las nuevas técnicas de Geomática: un caso en Santiago del Estero, Argentina.



DOCTORANDO

Ing. Agr. MSc. CRISTINA ANGUEIRA DE PRIETO

DIRECTORES

Dr. MANUEL SANCHEZ DE LA ORDEN

Dra. ISABEL LUISA CASTILLEJO GONZALEZ

DEPARTAMENTO

**INGENIERIA GRAFICA E INGENIERIA Y SISTEMAS DE
INFORMACION CARTOGRAFICA**

UNIVERSIDAD DE CORDOBA ESPAÑA

TITULO: *Revelamiento de suelos utilizando las nuevas técnicas de Geomática:
un caso de Santiago del Estero, Argentina.*

AUTOR: *Cristina Angueira de Prieto*

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2016
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es



Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática

TESIS DOCTORAL

**Relevamiento de suelos utilizando las nuevas técnicas de
Geomática: un caso en Santiago del Estero, Argentina**

Maria Cristina Angueira de Prieto
Córdoba, Noviembre 2015

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática

TESIS DOCTORAL

**Relevamiento de suelos utilizando las nuevas técnicas de
Geomática: un caso en Santiago del Estero, Argentina**

Directores: Dr. D. Manuel Sánchez de la Orden
Dra. D^a Isabel Luisa Castillejo Gonzalez

Autor: ***Maria Cristina Angueira de Prieto***
Córdoba, Noviembre 2015



TÍTULO DE LA TESIS:

RELEVAMIENTO DE SUELOS UTILIZANDO LAS NUEVAS TÉCNICAS DE GEOMÁTICA: UN CASO EN SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA

DOCTORANDO/A: M^a CRISTINA ANGUEIRA DE PRIETO

INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS

Manuel Sánchez de la Orden e Isabel Luisa Castillejo González, como directores de la tesis titulada “**RELEVAMIENTO DE SUELOS UTILIZANDO LAS NUEVAS TÉCNICAS DE GEOMÁTICA: UN CASO EN SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA**” realizada por **M^a Cristina Angueira de Prieto**,

INFORMAN:

Que dicha Tesis Doctoral ha sido realizada bajo nuestra dirección.

Que el desarrollo de esta Tesis Doctoral nace de la alta demanda de cartografía de suelo que está sufriendo la zona del Chaco argentino, y que se enfrenta a problemas como gran extensión del área, la complejidad de la geomorfología, los tipos y uso de suelos, el escaso presupuesto y el limitado personal entrenado. Ha tenido como principal objetivo mostrar una metodología que permita generar una cartografía de suelos a nivel regional (Santiago del Estero, Argentina). Para ello se ha evaluado la inclusión de técnicas geomáticas a la metodología convencional con objeto de modernizar el sistema reduciendo el coste temporal y económico. Entre las metodologías introducidas en el estudio está el análisis de imágenes satélite junto con variables topográficas obtenidas a partir de un Modelo Digital de Elevaciones. Toda la cartografía ha sido manejada en un Sistema de Información Geográfica. Fruto de este trabajo se ha obtenido una base de datos georreferenciada de las propiedades edáficas de los distintos suelos que se localizan en la zona estudiada, lo que permitirá seguir trabajando en otros aspectos relacionados con las características del suelo como el manejo específico de insumos. Por otra parte, también se ha obtenido una cartografía de suelo más detallada y actualizada de la región estudiada.

Que tanto la metodología como el trabajo de investigación, las conclusiones y los resultados obtenidos son satisfactorios.

Que derivado de esta Tesis Doctoral se ha publicado el siguiente trabajo:

- **CAPITULO 17: Soil Mapping Based on Landscape Classification in the Semiarid Chaco, Argentina**

- AUTORES: Cristina Angueira (1), Gustavo Cruzate (2), Eduardo Maximiliano Zamora (3), Guillermo Federico Olmedo (4), Jose Manuel Sayago (5), Isabel Castillejo González (6)

(1) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria de Santiago del Estero (EEASE), Santiago del Estero, Argentina. cristina.angueira@gmail.com

(2) INTA, Centro de Investigación en Recursos Naturales (CIRN), Buenos Aires, Argentina. gcruzate@gmail.com

(3) INTA, EEA Manfredi, Córdoba, Argentina. eduardomaxizamora@hotmail.com

(4) INTA, EEA Mendoza, Argentina. olmedo.guillermo@inta.gob.ar

(5) Instituto de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Tucumán, S. M. de Tucumán, Argentina. jmsayago@arnet.com.ar

(6) Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática, Universidad de Córdoba, Córdoba, España. ilcasti@uco.es

- LIBRO (2015, 33 capítulos, XVI, 540 pág.):

- TITULO: Geopedology - SUBTITULO: An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies

- EDITORES: Joseph Alfred Zinck, Graciela Metternicht, Gerardo Bocco, Héctor Francisco Del Valle

- eBOOK ISBN 978-3-319-19159-1 - DOI 10.1007/978-3-3-319-19159-1 – HARDCOVER ISBN 978-3-319-19158-4

- TOPICS Geology, Soil Science & Conservation, Geoecology/Natural Processes, Environmental Management, Geographical Information Systems/ Cartography, Physical Geography

Que consideramos que el trabajo realizado cumple los requisitos necesarios para su presentación y lectura.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 25 de noviembre de 2015

Firma del/de los director/es

Fdo.: Manuel Sánchez de la Orden

Fdo.: Isabel Luisa Castillejo González

Dedicada a mis hijos Salvador, Nicolás y Manuel, a mis nietos Emilio y León, a mis hermanos Pini y Julio, a mis sobrinos Sebastian, Micaela, Genoveva, Julio Marcos, a mis nueras Natalia, Florencia y Alejandra, y a mi marido Daniel no por último menos importante.

AGRADECIMIENTOS

Al INTA por la autorización a realizar este doctorado semipresencial en la Universidad de Córdoba, España y por brindarme durante treinta años un ámbito de trabajo creativo, productivo y útil a la comunidad de la provincia Santiago del Estero, Argentina.

Al Dr. J.C. Dijkerman, profesor de la Maestría en Agropedología y Evaluación de Tierra, de Wageningen University (WU), Holanda, por darme la oportunidad hace muchos años a iniciarme en la ciencia del suelo.

Al Dr. J.A. Zinck, profesor de la Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Holanda, por la orientación, y por darme la oportunidad de publicar un artículo relativo a la tesis, casi al final de mis estudios del suelo.

Al Dr. Juan Vicente Giráldez Cervera, de la Universidad de Córdoba, España por su dirección en el período de Docencia, Investigación y Prueba de Suficiencia Investigadora.

Al Director de tesis Dr. Manuel Sanchez de la Orden, del Depto. de Ingeniería y Geomática de la Universidad de Córdoba, España, por la orientación, sostén y paciencia en los vaivenes de una tesis desarrollada en forma semipresencial.

A la Directora de tesis Dra. Isabel Castillejo Gonzáles, quien se sumó a la tarea aportando excelentes consejos en su temática y organización de la tesis.

Al MSc. Gustavo Cruzate de INTA-CIRN Castelar, Argentina, por las enseñanzas en geo-procesamiento, por su confianza y aportes continuos durante el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Eduardo Zamora de INTA Manfredi, Argentina, por la colaboración el reconocimiento de suelo a campo y en la clasificación taxonómica.

Al Dr. José Manuel Sayago, del INGEMA de la Universidad de Tucumán, Argentina, por su solidaridad y sabia colaboración en geomorfología.

Al Ing. Agr. Guillermo F. Olmedo, de INTA Mendoza, Argentina, que me brindó la oportunidad de compartir el procesamiento automatizado de la información.

Al Lic. Edafología M. Boetto de la Dirección de Minería, Geología y Suelos de Santiago del Estero, Dr. Guido Lorenz de la Facultad Forestal, Universidad de Santiago del Estero y Miguel Barbeito del Instituto Nacional de Agua, Córdoba, Argentina por compartir conocimientos.

A la Sra. Ana Vacas del Depto. de Agronomía de la Universidad de Córdoba, España, por su valiosa orientación en los trámites. A Práxedes por su solidaria hospitalidad en una etapa importante del doctorado. A mi sobrina Micaela que también apoyo ese período.

A todos los investigadores y personal de apoyo del Depto. de Ingeniería Gráfica y Geomática, siempre bien dispuestos a resolver mis dudas.

Al Dr. Daniel Prieto esposo y colega, por su apoyo en el desarrollo de esta tesis. A mis amados hijos que han esperado con paciencia los tiempos dedicados a la misma. A mi hermana María del Carmen, Pini, que me ha impulsado a avanzar y terminar.

A quienes compartieron departamento en los distintos períodos presenciales en la Universidad de Córdoba, España: como María Romero por su brillante personalidad, Sofia Tsrtsvadze por su fortaleza, Tamara Tsrtsvadze por su madurez y libertad; Janneth Gallegos por su paciencia, Yesi Pallavicini por su bondad, Belén García Piñero por su activa juventud.

A Olga Toro Egea, Paca, Manolita, María Dolores, Chon, Pilar Ruiz, Isabel Serrano, Conchi, Janneth Gallegos, Colegio Poveda de Córdoba, España, donde estuve alojada tan a gusto.

A Monica Estergaard Jacobsen por abrirme su casa y familia. A mi vecina Justa Roa Molina, a Ana Ballesta y Fernando, Mercedes Icardo por acompañarme con su comprensión y consideración.

A la escuela Maica, a sus profesores Paco y señora, a las alumnas Lourdes Cabezas, Ana Ayuso, Estefanía Vaughen, Carmen Moreno y otras por los momentos de esparcimiento.

Al CREA- CONICET, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, por brindarme un espacio donde avanzar en el desarrollo de mi tesis. Especialmente a Fredy Santa y a sus compañeros de trabajo: Mariano Grilli, Roberto Zanvettor, Carina Argañaráz, Eugenia Romero Lebron, Romina Fachinetti, Raquel Gleiser, Mónica Nime, Marina Bruno, Laurita Pedemonte, por la conversación amena, divertida e inteligente en almuerzos compartidos.

A mis amigas Gogui García, Ana María, Patricia, Marita Grisoni, Moni Salvatierra, Ruth Paez, Norma Dib, Nilda Capdevila, Adriana Gomez que me dieron paz y comprensión.

A todos el personal de INTA que fueron mis amigos, compañeros de trabajo, de confraternizaciones y alegrías durante jornadas.

A mis padres que con su amor y generosidad me fortalecieron y a todos mis antepasados que hicieron que hoy esté aquí.

Índice

Introducción	1
Objetivos.....	7
Objetivos generales	9
Objetivos específicos	10
Antecedentes.....	11
3.1 Orígenes e historia de la cartografía general.....	1 ;Error! Marcador no definido.
3.2 Evolución de la cartografía de suelo	17
3.2.1. El suelo objeto de estudio	17
3.2.2. Fundamentación de la ciencia del suelo	19
3.2.3. Evolución de la cartografía del paisaje-suelo	20
3.2.4. Integración de modelos digitales de elevación en la cartografía de suelo	41
3.2.5. Integración de imágenes satelitales en la cartografía de suelo	41
3.3 Métodos cartográficos de suelo	59
3.3.1. Métodos cartográficos sin estratificación inicial.....	59
3.3.2. Métodos cartográficos con estratificación	60
3.4 Cartografía de suelo en Argentina	72
3.4.1. Cartografía de suelo en Santiago del Estero.....	74
3.5 Naturaleza del área de Santiago del Estero	77
3.5.1. Geología	81
3.5.2. Geomorfología	88
3.5.3. Suelos	98
3.5.4. Clima	105
Materiales y Métodos.....	111
4.1 Área de estudio	11 ;Error! Marcador no definido.
4.1.1. Rasgos fisiográficos.....	114
4.1.2. Clima	121
4.1.3. Vegetación	123
4.2 Materiales.....	124
4.3 Métodos.....	127
4.3.1. Metodología general paa el relevamiento geopedológico.....	127
4.3.2. Proceso cartográfico en el área de estudio	127

Resultados	155
5.1Análisis geoespacial	155
5.1.1. Análisis topográfico y generación de mapas de atributos.....	155
5.1.2. Interpretación visual de imágenes satélite.....	158
5.2Relación paisaje-suelo	161
5.2.1. Descripción de las unidades cartográficas paisaje-modelado-geoforma.....	161
5.2.2. Descripción y clasificación de suelos.....	166
5.3Mapa y leyenda geopedológica	193
 Conclusiones	 199
 Bibliografía	 203
 Anexo I	 227
 Anexo II	 233

Figuras

Figura 3.1: Regiones Naturales del Chaco Americano y ubicación del área de estudio.....	79
Figura 3.2: Unidades Geomorfológicas de Santiago del Estero y ubicación área de estudio.	91
Figura 3.3. Subunidades Geomorfológicas de Santiago del Estero y ubicación área de estudio.....	98
Figura 3.4. Regímenes de humedad y temperatura de los suelos de Santiago del Estero....	100
Figura 3.5. Precipitaciones media anual.	106
Figura 3.6. Precipitación media noviembre-marzo.	107
Figura 3.7. Deficit climático medio anual.....	108
Figura 3.8. Deficit climático medio noviembre-marzo.	109
Figura 4.1. Ubicación del área de estudio en la provincia de Santiago del Estero, Argentina.	114
Figura 4.2. Localización de las calicatas en el área de estudio: a) situación general, b) sobre imagen satélite	131
Figura 4.3. Esquema metodológico con las 11 etapas realizadas.	133
Figura 4.4. Datos del SRTM espaciados 1800 m: a) en formato TIN, b) representación en 3D.....	134
Figura 4.5. Datos del PERD (1981) e IGN (2000) en SigSE con y sin las líneas del Río Dulce, en curvas a nivel, TIN y 3D.....	135
Figura 4.6. Datos del PERD (1981) e IGN (2000) en SigSE del noreste y este, y solamente del noreste del Área de Estudio en curvas a nivel, TIN y 3D.....	136
Figura 4.7. Paisajes del Área de Estudio: a) 1P, b) 2P, c) 3P, d) 4P, e) 7D y f) 9D.	138
Figura 4.8. Mapa de imágenes satelitales de LandsatTM (agosto/2008) de la estación seca y símbolos de las geoforma.....	140
Figura 4.9. Mapa de imágenes satelitales de LandsatTM (agosto/2008) de la estación seca y símbolos de las geoforma.....	141
Figura 4.10. Imagen satelital SAC-C (marzo/2006) donde se observa anegamiento en una parte del Área de Estudio.....	142
Figura 4.11. Imagen satelital CBERS escala 1:100.000 y 1:70.000 donde se observa la impronta fluvial de los meandros difuminados y el parcelamiento siguiendo la forma de los meandros.....	142
Figura 4.12. Control de campo: a) y b) ejemplos de calicatas, c) tabla de colores Munsell, d) valija de reconocimiento y e) agregados y muestra de suelo por cada uno de los horizontes.	144
Figura 4.13. Ficha edafológica.	145
Figura 4.14. Laboratorio especializado en el análisis de suelos.....	146
Figura 4.15. Ficha laboratorio.	147
Figura 4.16. Base de datos de las calicatas con análisis físico-químicos.....	152

Figura 5.1. Mapa de curvas a nivel con equidistancia de 1m: falla 1) principal en el oeste y 2) secundaria al este.....	155
Figura 5.2. Mapa de curvas a nivel con equidistancia de 5m: falla 1) principal en el oeste y 2) secundaria al este.....	156
Figura 5.3. Mapa de red de drenaje: 1) subcuenca del Río Salado, 2) abanico aluvial y curso del Río Dulce	157
Figura 5.4. Mapa de Isoformas: 1) abanico aluvial, 2) falla secundaria, 3) valles, 4) laguna poco profunda alargada al pie de la falla secundaria.....	158
Figura 5.5. Detalle de escena Landsat MSS (Banda 3) enero-75: 1) borde de una falla, 2) parte de una planicie interfluvial.....	159
Figura 5.6. Detalle de escena Landsat MSS (Banda 3) enero-75: 1) meandro parcialmente colmatado, 2) parcelamiento intenso.....	160
Figura. 5.7. Modelo digital de elevación y mapa de geopedológico del área de estudio en 3D.	192
Figura 5.8. Contenidos de arcilla, limo y arena en los horizontes C en las unidades cartográficas de paisaje y geoformas.....	193
Figura 5.9. Mapa Geopedológico del área de estudio.....	197
Figura 7.1. Evapotranspiración y Precipitación media mensual, Período 1912-1997, La Aurora (Depto. La Banda) Latitud 27° 50', Longitud 64° 23', Altitud 174 msn, y Variación interanual.....	231
Figura 7.2. Evapotranspiración y Precipitación Media Mensual Período 1921-2005, Fernandez (Depto. Robles) Latitud 25° 92', Longitud 63° 90', Altitud 15 msn, y Variación interanual.....	231
Figura 7.3: Evapotranspiración y Precipitación Media Mensual Período 1912-2005, Villa San Martín Loreto (Depto. San Martín) Latitud 28° 32', Longitud 64° 02', Altitud 137 msn y Variación interanual.....	231
Figura 7.4: Evapotranspiración y Precipitación Media Mensual Período 1932-1991, 1993-2004, Brea Pozo (Depto. San Martín) Latitud 28° 25', Longitud 63° 95', Altitud 139 msn, y Variación interanual.....	231

Tablas

Tabla3.1: Descripción genérica de los elementos básicos del relieve.....	44
Tabla3.2: Unidades y Subunidades Geomorfológicas de Santiago del Estero.	90
Tabla3.3: Distribución geográfica de los suelos en las Unidades y Subunidades Geomorfológicas de Santiago del Estero.....	90
Tabla4.1: Balance Hídrico mensual de La Banda (Depto. La Banda).....	121
Tabla4.2: Características del satélite Landsat, SAC-C y CBERS imágenes.....	125
Tabla4.3: Imágenes satelitales utilizadas en la interpretación visual para delimitar unidades de la relación paisaje-suelo.....	126
Tabla4.4: Escala de trabajo de las principales cartografías utilizadas en el estudio.	130
Tabla5.1: Observación e interpretación de elementos de la imagen para clasificación de unidades tentativas.....	162
Tabla5.2: 2 Información general del suelo. Perfil VG92 El Hacha EHa.....	167
Tabla5.3: Datos analíticos del suelo. Perfil VG92 El Hacha EHa.....	168
Tabla 5.4: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cobertura de Loess-1P.....	169
Tabla5.5: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cobertura de Loess-1P (Continuación).	170
Tabla 5.6: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cubeta de Deflacion-2P.....	171
Tabla5.7: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P.....	171
Tabla 5.8: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación).....	172
Tabla 5.9: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación).....	173
Tabla 5.10: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación).....	174
Tabla 5.11: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación).....	175
Tabla 5.12: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Cauce Colmatado-4P.....	175
Tabla5.13: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Cauce Colmatado-4P (Continuación).	176
Tabla 5.14: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-planicie de explayamiento-5P.....	176
Tabla 5.15: Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-Dique Aluvial-6P.	177
Tabla 5.16: Perfiles unidad Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (mt)-7D.....	177

Tabla 5.17: Perfiles unidad Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (It)-8D.....	177
Tabla 5.18 Perfiles unidad Valle (Rio Dulce)-Planicie de Inundación Activa-Rio-9D.....	177
Tabla 5.19: Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Planicie de Desbordamiento-10S.....	178
Tabla5.20: Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Albardon-11S.....	178
Tabla5.21: Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie de Inundación Activa-Terraza Baja y Bañado -12S.....	178
Tabla5.22: Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Plano Aluvial -13S.....	179
Tabla5.23: Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Canal Aluvial -14S.....	179
Tabla5.24: Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cobertura de Loess-1P.....	180
Tabla5.25: Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cubeta de Deflación-2P.....	180
Tabla5.26: Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P.....	180
Tabla5.27: Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación).....	181
Tabla5.28: Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Cauce Colmatado-4P.....	181
Tabla5.29: Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-planicie de explayamiento-5P.....	181
Tabla5.30 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-Dique Aluvial-6P.....	182
Tabla5.31: Valores medios Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (mt)-7D.....	182
Tabla5.32: Valores medios Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (It)-8D.....	182
Tabla5.33 Valores medios Valle (Rio Dulce)-Planicie de Inundación Activa-Rio-9D.....	182
Tabla5.34: Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Planicie de Desbordamiento-10S.....	182
Tabla5.35: Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Albardon-11S.....	183
Tabla5.36: Balance Hídrico mensual de La Banda (Depto. La Banda).....	183
Tabla4.1: Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie de Inundación Activa-Terraza Baja y Bañado -12S.....	183
Tabla5.37: Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Plano Aluvial -13S.....	183
Tabla5.38: Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Canal Aluvial -14S.....	184

Tabla5.39: Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma	185
Tabla5.40: Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma (Continuación)	186
Tabla5.41: Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma (Continuación)	187
Tabla5.42: Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma (Continuación)	188
Tabla5.43: Clasificación de los suelos en base a las unidades taxonómicas.....	189
Tabla5.44: Leyenda del mapa geopedológico del área de estudio.	196
Tabla7.1: Precipitación Media Mensual del Período 1912 - 1997, de La Aurora (Depto. La Banda).....	229
Tabla7.2: Precipitación Media Mensual del Período 1921 - 2005, de Fernandez (Depto. Robles).....	229
Tabla7.3: Precipitación Media Mensual del Período 1912 - 2005, de Villa San Martín - Loreto (Depto. San Martín).....	230
Tabla7.4: Precipitación Media Mensual del Período 1932 - 1991, 1993 - 2004, de Brea Pozo (Depto. San Martín).....	230

Introducción

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCION

El ecosistema Chaco semiárido (Cabrera 1976; Vargas Gil 1988; Sebastián *et al.*, 2006) es una planicie de bosque-sábana, con temperaturas crecientes desde el sur al norte y precipitaciones desde el oeste al este. Desde inicios del siglo XXI, el territorio chaqueño americano ha sufrido una degeneración ambiental resultado de la creciente deforestación y contaminación a la que se ve sometido, además de desastres naturales como inundaciones, sequías e incendios y la construcción de nuevas obras de infraestructura. Además, también se ha observado grandes modificaciones socio-culturales como profundización del modelo de apropiación, explotación de tierras, parcialización y agravamiento de situación en ocupantes precarios, marginalidad y vulnerabilidad extrema de poblaciones aborígenes, desalojos, migraciones, etc. Todos estos factores colocan a esta región en una situación que requiere estrategias para mitigar los impactos que pueden presentarse irreversibles en el tiempo

Debido a la deforestación y al fuego indiscriminado, el uso tradicional de suelo ha cambiado a agricultura comercial en laprimera década del año 2000 (Morello *et al.*, 2006), observándose un aumento significativo de la superficie cultivada. Este proceso que favorece el monocultivo, junto al pastoreo excesivo y a la falta de adecuada información de suelo para planificación rural, está amenazando el desarrollo sustentable de la región.

El uso eficiente de la tierra con beneficios razonables y sostenibles y la mitigación de los impactos sobre los recursos naturales producidos por la expansión e intensificación agrícola, requiere una mejor comprensión de los factores ambientales físicos y antrópicos y una organización sistemática de estos conocimientos en un formato ágil y moderno (Angueira, 1994) que muestre en exhaustiva el potencial y las limitantes que presentan para distintos usos y manejos a fin de encontrar un equilibrio en su funcionamiento sin poner en riesgo el futuro de la sociedad. La cartografía de suelos existente es insuficiente y no puede satisfacer la necesidad de estudios de suelos. Esta falta de información junto al escaso número de expertos de suelo y a las restricciones financieras provoca que no se pueda satisfacer esta demanda a escalas adecuadas, por lo que se venecesario dinamizar el mapeo de suelo.

La cartografía de suelos tiene por objeto el estudio de los suelos, la delimitación de zonas homogéneas de suelo a escalas establecidas, el inventario de sus características, la clasificación de los suelos en categorías establecidas sistemáticamente y la localización y el trazado de sus límites sobre mapas así como la generación de informes para distintos niveles de usuarios.

El estudio cartográfico de los suelos consiste en el estudio de los suelos asociados en el paisaje a los restantes elementos del medio con una visión global, sintética y geográfica que permita comprender las relaciones entre las distintas unidades de suelo. Dictum Suelos son paisajes así como perfiles, “Soils are landscapes as well as profiles” (Buringh, 1960). El objeto de estudio, el individuo suelo (Dijkerman, 1974, 1981) es resultado de la combinación de los factores formadores de suelo: clima, organismos, relieve, material parental, edad, localización y otros (Jenny, 1941) y se representa por una unidad en un mapa detallado de suelos (Powell y Springer, 1965; Wilding, *et al.*, 1965; Wilding y Dress 1983; Matarredona, 1985) y por asociaciones de uno o más suelos (Buolet *et al.*, 1973), entendido que esa unidad podrían separarse en reconocimiento de mayor detalle.

Para ello se interpretan los diferentes rasgos del paisaje usando métodos de inducción deducción, obteniendo una mayor información útil de la región respecto a la cartografía que se pretende realizar. El levantamiento de suelos basado en criterios geomorfológicos y en un enfoque geopedológico (Zinck, 1994, 2012, 2013) mejora la identificación y la delimitación de suelos y contribuye a facilitar el entendimiento del paisaje. Los métodos tradicionales de inventario de suelos son costosos y lentos debido al alto costo de la información procedente de sensores remotos, las dificultades de planificar apropiadamente el trabajo de campo y la limitada aplicación del relevamiento integrado paisaje-suelo. En nuestros días, estas restricciones han sido reducidas por el mayor desarrollo de técnicas y herramientas geomáticas (Krolet *et al.*, 2007) como la teledetección con sensores en satélites, los sistemas de información geográfica (SIG), el posicionamiento con sistema de posicionamiento global (GPS), la geoestadística y el procesamiento de datos (McBratney *et al.*, 2003).

El enfoque geomorfológico ayuda a comprender la distribución de los suelos en el paisaje y los procesos que influyen en la formación de los suelos y sus características (Bockheim *et al.*, 2005). El sinergismo entre pedología y geomorfología es la base de la geopedología, un enfoque interdisciplinario de relevamiento de suelos (Zinck, 1994, 2012, 2013). La geomorfología provee criterios para segmentar el continuum del paisaje en unidades discretas relativamente homogéneas mediante las siguientes tareas: i) selección de áreas-muestra, transectos y recorridos; ii) delimitación de las unidades cartográficas de suelo considerando las relaciones conceptuales entre la variabilidad de las formas de la tierra y los suelos resultantes; e iii) identificación, monitoreo y explicación de la variabilidad espacial de los suelos.

A pesar de que las técnicas y herramientas geomáticas habían sido desarrolladas para dinamizar la cartografía convencional, este uso no fue muy generalizado en países en desarrollo durante finales del siglo XX y principios del siglo XXI. Sin embargo, sí se observó un sesgo hacia los métodos estadísticos (Webster, 1990) y métodos automáticos para mejorar la cartografía (Hengl, 2000). En este trabajo se plantea el aporte de técnicas geomáticas para la mejora en la obtención de cartografía de suelos, haciendo principal hincapié en el uso de imágenes satelitales como complemento al método de cartografía de suelos. También se añadirá a esta información cartográfica proveniente de distintas fuentes como el Modelo Digital de Elevaciones de la zona de estudio así como cartografía vectorial de diversas variables que afectan directamente al tipo de suelo.

Las imágenes satelitales ofrecen la posibilidad de segmentación del paisaje en unidades en las cuales la composición de suelos puede determinarse por métodos convencionales o avanzados. Su uso permite extender el relevamiento de suelos a áreas inaccesibles, reduciendo el tiempo y el trabajo de campo (Mulder *et al.*, 2011). Esta idea ya ha sido puesta en prácticas en otros estudios donde datos del satélite Landsat han sido usados para mapeo fisiográfico de suelo (Sayago, 1982), mapeo geológico (Moore *et al.*, 2007) y mapeo de atributos superficiales (Metternicht y Zinck, 2003). Además, la combinación de fuentes múltiples de datos geográficos, como modelo digital de elevación (MDE) (Krolet *et al.*, 2007) junto con los datos espectrales de satélites pueden mejorar la clasificación de paisajes complejos (Dobos *et al.*, 2000).

Por su parte, la parte epigea de las geoformas también se puede estudiar por medio de bloques, diagramas y modelos de elevación digital que son una representación tridimensional del paisaje. La importancia de las geoformas en el mapeo de suelos y la distribución espacial de los suelos relacionados a las geoformas en todas las escalas ha sido enfatizado por varios autores (USDA, 1951, 1975; Vink, 1967, 1986; Young, 1976; Sombroek y van de Weg, 1980; Sombroek, 1983; Zink, 2012, 2013).

El muestreo también puede ser orientado en base a técnicas geomáticas. Los sitios de observación pueden ser pre-seleccionados en base a criterios geomorfológicos dentro de unidades delimitadas por interpretación de aerofotos o imágenes satelitales. El muestreo es conveniente aplicarlo dentro de las unidades cartográficas previamente establecidas mediante interpretación visual de imágenes y modelos de elevación digital, ya que requiere menos tiempo y presupuesto y la interpretación de la variabilidad de los suelos resulta más acertada cuando se utilizan criterios geomorfológicos (Bregt *et al.*, 1987; Zinck, 2012).

Finalmente, otros usos de la geomática en los mapas de suelos se centra en aspectos como el estudio de la variabilidad espacial de las propiedades de suelo mediante análisis geo-estadístico (Saldaña *et al.*, 1998; Kerry y Oliver 2011; Zinck, 2012), la aplicación métrica de análisis espacial para describir cuantitativamente los patrones de distribución de suelos (Saldaña *et al.*, 2011) o la integración paisaje-suelo mediante la extrapolación de información de áreas-muestra a áreas no-visitadas o áreas de difícil acceso, utilizando redes neurales artificiales y árboles de decisión (Moonjunet *et al.*, 2010; Zinck 2012).

Objetivos

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS

Para la provincia de Santiago del Estero (Argentina) se dispone de cartografía insuficiente para elaborar un modelo de distribución de suelos para cada ambiente en particular, sobre todo en el ámbito donde la variabilidad geopedológica y la capacidad productiva requiere estudios más detallados. En este sentido, se necesita un relevamiento geopedológico a escala 1:500.000, que abarca una superficie de aproximadamente 8800 km², en el centro de la provincia de Santiago del Estero con el propósito de modernizar la cartografía convencional de suelo, haciendo esta contribución en la generación de nueva información para interpretar la distribución de los suelos en el paisaje y que constituya un aporte para otros trabajos cartográficos en la región. La combinación del enfoque geopedológico (Zinck 1988, Zinck y Valenzuela, 1990, Zinck 2012, 2013) y las modernas técnicas geomáticas fueron consideradas apropiadas para facilitar el inventario de suelo requerido por la falta de estudios a escalas ajustadas a las necesidades, la gran extensión del área, la complejidad de la geomorfología, los tipos y uso de suelos, la alta demanda de información, el escaso presupuesto y el limitado personal entrenado. En base a esto, en esta Tesis Doctoral se plantean los siguientes objetivos:

Objetivos generales

- Avanzar en el inventario y distribución geográfica de los suelos en Santiago del Estero, en áreas que carecen de información a escalas de reconocimiento, semi-detalle y/o detalle, por el difícil acceso debido a la escasa infraestructura, al alto costo de las fotografías aéreas y a la necesidad de equipos de trabajo numerosos formados por técnicos, ayudantes, dibujantes, etc.
- Avanzar en la integración y/o mayor aplicación de las técnicas de Geomática en la metodología convencional de reconocimiento de suelos para el desarrollo de un método básico modernizado de mapeo eficiente y a costos menores.

Objetivos específicos

- Obtener un mapa de suelo y texto explicativo impreso a la escala de trabajo y en formato digital a escala múltiple con las tablas de atributos y espaciales que permiten una mejor interpretación y mayor aplicación de las mismas para la elaboración de mapas temáticos o su aplicación en otras disciplinas.
- Proveer información geo-referenciada de las propiedades edáficas cuantificadas para su posterior utilización en otros estudios como el mapeo basado en geoestadística, la agricultura de precisión o el manejo específico de sitio.

Antecedentes

CAPÍTULO III

3 ANTECEDENTES

3.1 Orígenes e historia de la cartografía

El interés por el conocimiento de la tierra ha existido desde tiempos remotos, así las direcciones, distancias de recorridos, fuentes de agua, lugares de caza, refugios, etc. y su representación gráfica, que se realizaba en trazos efímeros sobre elementos locales como piedra, pieles, tejidos, arena, etc., son considerados como esbozos cartográficos.

La Cartografía es el arte, ciencia y técnica que se encarga del estudio de los diferentes métodos o sistemas que permiten representar una parte o totalidad de la superficie terrestre en cartas, planos, mapas, modelos en relieve y otros medios de expresión (Dominguez Garcia, 1966; Robinson,*et al.*, 1987; Asociación Cartográfica Internacional, 1966). También se puede considerar la Cartografía como la que se ocupa del conjunto de mapas de la tierra y documentos territoriales donde se representan los objetos según la escala y el interés. Tiene por objeto la concepción, preparación, redacción y realización de los mapas, incluyendo cualquier actividad necesaria, desde el levantamiento sobre el terreno o recopilación de información, hasta la producción definitiva y la difusión del documento cartográfico (Joly, 1976).

La cartografía ha evolucionado conforme los conocimientos, los cambios de mentalidad, los cambios tecnológicos y políticos que se han producido a lo largo de la historia, se han utilizado para resolver las demandas de los usuarios conduciendo, en la actualidad, a obtener mapas dinámicos e interactivos.

Las distintas civilizaciones siempre han considerado las relaciones topológicas entre los elementos y el concepto de distancia expresada en distintas unidades de tiempo. Todas tenían su propia visión del concepto de cartografía y su propia representación del territorio que conocían con un enfoque más o menos práctico o influenciado por corrientes teocráticas locales.

Los fenicios y cartagineses desarrollaron la cartografía a su modo y con los medios que disponían como pueblos navegantes. Egipto desarrolló la agrimensura por su gran necesidad de deslindar parcelas de cultivo.

La cartografía con fundamentación científica se inicia con la aparición del concepto de distancia, junto con la evolución de las ciencias y artes en la Grecia Antigua. Mileto y Tales de Mileto en el siglo XI a. C, Aristóteles (384-322 a. C), Hiparco (siglo II a. C), Eratóstenes de Carene (284-192 a. C) estudiaron las características geométricas de la tierra (esfericidad, radio, longitud, circunferencia), y Claudio Ptolomeo de Alejandría (90-160 d.C) representó la tierra en su obra *Geographia*, siendo el primer atlas del mundo con coordenadas longitud y latitud e incluyendo todos los avances logrados hasta entonces.

La civilización romana, utilizó los avances griegos, con una concepción centrista *Orbis Terrarum*, sin producir grandes cambios en el conocimiento excepto los que servían a un propósito práctico.

En los siglos XII y XVI los instrumentos como la brújula y el cuadrante permitieron medir los ángulos respecto a la estrella polary el Sol y determinar la posición de un punto, su latitud y longitud, y representarlos en mapas de diferentes escalas, más exactos y fáciles de almacenar y manejar. En las llamadas cartas planas, las latitudes observadas y las direcciones magnéticas se representaron en los mapas, con una escala constante, como si la Tierra fuese plana. El astrónomo Mercator (1512-1594) compiló el *Mapamundi del Atlas Minor* en el año 1569 con un sistema de proyección cilíndrico rectangular directo, con meridianos rectos y paralelos de latitud iguales. Se establece unos ejes cartesianos donde los paralelos son rectas paralelas al eje de las abscisas, y los meridianos son rectas paralelas al eje de las ordenadas. En esta proyección cartográfica los polos no están representados y la deformación lineal crece hacia los polos Norte y Sur.

La precisión aumentó en el los siglo XVII con dispositivos magnéticos como la brújula, mecánicos tales como la imprenta, el cuadrante y el nonio, que permitieron hacer mayor número de reproducciones de mapas y más exactos. Durante los siglos XVIII, XIX y mitad del XX aparecieron nuevos aparatos como el sextante, cronómetro, teodolito etc., se desarrollaron conceptos como curvas de nivel y se realizaron el trazado y medida de grandes líneas de triangulación para determinar la forma de la tierra. Así mismo se crearon numerosos organismos geográficos privados y públicos y

se desarrollaron numerosas expediciones con fines científicos y de levantamiento topográfico en muchos países. De igual manera los avances en la tecnología química, tales como litográficos y fotomecánicos, introdujeron distintos materiales indeformables, resistentes a la humedad y al desgaste.

El desarrollo temprano de la teledetección como actividad científica está relacionado a la fotografía aérea, que se inició desde un globo aerostático en 1858 y desde un avión en 1909. Estas numerosas innovaciones técnicas en los sensores remotos sobre aviones facilitaron los levantamientos topográficos, fotogramétricos y mapas funcionales con diagramas esquemáticos (Beck, 1933; citado por Cartwright, 2012). Durante la II Guerra Mundial se produjo una mejora en las emulsiones, cámaras y plataformas que consolidaron el uso de las Fotografías Aéreas y de la Fotointerpretación (López Cuervo, 1980).

El creciente uso de la fotografía aérea y la aparición de los estereoscopios permitieron la visión estereoscópica de la parte común de dos fotografías aéreas consecutivas, posibilitando observar en relieve o tridimensionalmente los distintos elementos de la fotografía. De igual manera nuevos instrumentos fueron sustituyendo a los ya existentes como la brújula magnética, tan utilizada a mediados del siglo pasado, por sistemas de navegación más avanzados y completos como labrújula giroscópica mecánica, y más adelante el giroscopio láser y el giroscopio óptico.

A partir de la II Guerra Mundial surge la necesidad de poseer una cartografía a nivel mundial adoptando de forma internacional el sistema Universal Transverse Mercator como proyección cartográfica para la representación de mapas. No obstante de estos mapas resultaba difícil extraer información para un atributo específico del paisaje, lo que determinó la producción de mapas por tema (edafología, geología, etc.) dando origen a la Cartografía Temática, su posterior integración con la cartografía básica en material transparente por superposición en una mesa de luz (McHarg, 1969; citado por Martín de Agar Valverde, 1984) dando lugar a un solo mapa para obtener una visión conjunta global.

Las tecnología para hacer mapas se modernizó con la impresión en cuadrículas y desarrollo de programas (McHarg, 1969; Fisher, 1963; en Fallas, 2003) que evolucionaron más tarde a programas de diseño asistido por ordenador. El desarrollo de herramientas para analizar datos y generar mapas que permitieran realizarlo en el ordenador, aunque estos programas no realizaran funciones y operaciones adicionales similares a las realizadas manualmente por McHarg, de manera rápida y repetible.

Estas primeras experiencias marcaron el inicio de los sistemas de información geográficos. Burrough(1986) presentó el programa SYMAP (SYmagraphicZapping System) para imprimir mapas y Fischer (1993) desarrolló en Laboratorio de Gráficos Computarizados de la escuela de posgrado en Diseño Gráfico de Harvard, programas como GRID e IMGRID (Coppock, y Rhind, 1991). Los primeros programas eran algebraicos sencillos tales como sumar, restar, multiplicar y dividir valores de diferentes temas de una cuadrícula, fueron los primeros de mapeo automático o técnicas de mapeo con ayuda de ordenador. También existía la tendencia de automatizar los procesos cartográficos, al mismo tiempo que programas de cálculo para diseño y producción eran elaborados por la ingeniería civil.

Las técnicas de integración, cartografía automatizada, técnicas de superposición y técnicas más avanzadas de análisis geográfico en combinación con la reducción de los precios de equipos de computación dieron lugar a un progreso enorme de los Sistemas de Información Geográfica (van Engelen 1994). Mención aparte merecen los mapas topográficos, que son un componente básico para entender y modelar muchos procesos superficiales de la tierra y un elemento en muchos análisis científicos para explicar y predecir estos procesos (Jarvis *et al.*, 2004). Sin embargo la dificultad y el costo de los levantamientos topográficos, hacen que en muchos países falten datos topográficos convencionales o los que existen varíen en calidad, según los métodos de levantamiento aplicados (Farr *et al.*, 2007).

En febrero del 2000 la información topográfica del 80 por ciento de la masa de la Tierra, entre los paralelos 60 grados de latitud norte y 56 grados al sur, fue realizada por la Misión Topográfica Radar Shuttle (SRTM de la Agencia Nacional de Inteligencia Geo-Espacial (NGA), y las Agencias Espaciales de Alemania y de Italia), mediante interferometría radar. Desde el año 2003 estos datos están publicados y se han

convertido en la norma global de la topografía a mediana y pequeña escala (Guth, 2006) dentro de las comunidades científicas y geospaciales y es utilizada en numerosos campos de investigación y desarrollo. El modelo digital de elevación (MDE) producido con estos datos, fue de 1 arco-segundo con un error de altitud vertical medio de 6,2 m y un error de geoubicación de 9 m para América del Sur (Rodríguez *et al.*, 2006), y publicados a 3 arco-segundos, aproximadamente 90 m fuera de Estados Unidos (Farr *et al.*, 2007).

Otro aporte importante en la cartografía, es el sistema de posicionamiento global (GPS), desarrollado, instalado y empleado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, constituido por 24 satélites y que utiliza latrilateración para determinar en cualquier parte del mundo la posición de un objeto con una precisión que oscila de unos pocos metros hasta centímetros.

La necesidad de incrementar los conocimientos de la tierra, conjuntamente con la disposición de herramientas como ordenadores personales, monitores, impresoras, escáneres remotos y de documentos, grabadores, etc., impulsó a los investigadores de diversas disciplinas al desarrollo de programas para visualizar, procesar, analizar, almacenar bases de datos, ampliando la producción de mapas en forma dinámica, interactiva y accesible que puede ser extraída en demanda.

Los sistemas de información geográfica, de ilustración específica, de geolocalización, la web y Google Inc, han popularizado el uso digital de la cartografía produciéndose una expansión de usuarios no expertos, debido a un acceso simple y gratuito a la cartografía del sitio y con el nivel de detalle disponible.

3.2 Evolución de la cartografía de suelo

3.2.1 El suelo objeto de estudio

El objeto de la Ciencia de Suelo es el suelo y según la definición que adoptemos variarán los límites y la forma de estudio. El concepto que se tiene del suelo ha variado con el tiempo, y también según las distintas escuelas, corrientes de pensamiento o el

enfoque establecido por el observador. Puede considerarse como un cuerpo natural con una dinámica propia o como, un eslabón más dentro de los ciclos de la materia y energía (Díaz Fierro Viqueira 2011). También se puede decir que es un recurso natural fundamental siendo la base para el sustento de la humanidad (Buol *et al.*, 1973, 2011). De igual manera Domingo (2002) señala que el interés por el conocimiento de los suelos radica en que constituye el sustento básico de los organismos vegetales terrestres transformadores de la energía solar en alimento, funciones tampón como intercambio de agua y gases, almacén de carbono orgánico, nutrientes, hábitat, etc.

El suelo es un cuerpo natural de varias formas y tamaños que cubren la corteza terrestre formando un continuo, es cuatri-dimensional (x,y,z y t), porque varía en el plano horizontal, vertical y en el tiempo, está constituido por fluidos (aire y agua), sólidos (mineral y orgánico) y organismos vivos, resultado de adicciones, pérdidas, transferencias, transformaciones de energía y materia a través del tiempo (Dijkerman, 1981). Actúa como un reactor complejo (Richter, 1987; Sposito, 1989), con funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, entre otras y como una barrera protectora de otros medios más sensibles, como los hidrológicos y los biológicos. Posee propiedades de resistencia; poder de amortiguación (persistencia); poder de almacenar y liberar compuestos (tiempo de residencia); productividad; vulnerabilidad; capacidad de recuperación ante alteraciones (elasticidad/movilidad/resiliencia); capacidad para mejoras externas (sensibilidad); multiplicidad de usos relacionados con propiedades (flexibilidad); biodisponibilidad, equilibrio dinámico de interacciones (sustentabilidad) (Arnold, 2006).

Los suelos son distintos, con comportamiento diferente y para lograr un uso sostenible es necesario conocer sus características, potencialidades y limitaciones, de modo de establecer inicialmente la aptitud de uso, requerimientos y recomendaciones de manejo en cuanto a aspectos de fertilidad, estructura, resistividad a condiciones nuevas, etc. Las variaciones en el plano horizontal se pueden estudiar realizando varias observaciones a corta distancia una de otra, algunas serán idénticas mientras que otras son muy diferentes. Las primeras se considera que pertenecen a la misma relación paisaje-suelo, mientras que las otras corresponden a distintas relaciones. En el plano vertical las variaciones se estudian, haciendo un pozo o calicata y observando en el perfil del suelo según se describe en bibliografía general existente (Porta *et al.*, 1994), la

presencia de rasgos u horizontes que difieren entre si y con el material subyacente en morfología, composición física, química y biológica, características todas que cambian con el tiempo. Los horizontes están genéticamente relacionados y es absolutamente imposible caracterizar un suelo por las propiedades de sólo uno de los horizontes observados.

No existen límites rígidos entre un suelo y otro adyacente, al contrario existe una graduación de propiedades (Brady y Weil, 2002). El estudio de la localización, distribución y patrón de suelos en el paisaje (Buol *et al.*, 1997) y el manejo y conservación del suelo es crítico para mantener una sociedad y el complejo balance químico y físico de los procesos que hacen posible la vida en la tierra. El suelo es un hábitat que funciona como una organización compleja y varía sus características según la localización geográfica, por lo cual es importante conocerlos en la relación paisaje-suelo como componentes integrados en el espacio y en el tiempo (Arnold, 2006).

3.2.2 Fundamentación de la ciencia del suelo

La Ciencia del suelo es la rama de las Ciencias de la Tierra que estudia el suelo como recurso natural en la superficie de la Tierra, incluyendo su génesis, su clasificación y cartografía, sus características, su composición química, su biología, su fertilidad y todo lo relacionado con el uso y la gestión del mismo (Buol *et al.*, 1973, 2011).

La pedología hace referencia al estudio del suelo en su estado natural: formación, química, morfología y su clasificación, mientras que la edafología analiza el suelo en relación a los organismos, especialmente las plantas. Ambas son dos ramas conceptuales de la ciencia del suelo, pero a menudo se utilizan estos nombres como sinónimos de esta ciencia. Los autores de habla hispana han preferido el nombre de “Edafología” para designar en castellano a esta ciencia. Se puede considerar que la pedología es una rama principal de la ciencia del suelo y es igualmente significativo como la botánica es a las ciencias de las plantas y la zoología a la de la ciencia animal. Las numerosas interacciones entre biosfera, atmósfera e hidrosfera le dan un carácter excepcionalmente multidisciplinar a esta ciencia.

La visión más común del suelo desde la perspectiva pedológica es que es un cuerpo natural independiente evolucionado compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos, y gases que ocurre sobre la superficie de la tierra, ocupa un espacio y está caracterizado por horizontes o capas que son diferenciables del material original y que han sido formados bajo la influencia de los factores ambientales como clima, organismos, material parental, relieve, tiempo, etc. (Dokuchaev, 1879a, 1879b, 1883, 1893, 1899b; Glink, 1914, 1931; Coffey, 1909, 1912; Marbut, 1927, 1931, citados por Boeckheim, *et al.*, 2005).

La pedología, es una actividad que utiliza la metodología científica empírica, orientada al estudio de la génesis, naturaleza, distribución y uso del suelo (Dijkerman, 1974), discusiones sobre perfiles de suelo y el desarrollo de modelos de paisaje-suelo tridimensional (Hengl, 2000), la conceptualización, reconstrucción y visualización científica para entender la complejidad del paisaje (Grunwald *et al.*, 2007). El futuro de la ciencia de suelo (Bouma, 1994; Dobrovolskii, 2001; Finke, 2012; Hartemink, 2006; Hudson, 1992; Zinck, 1995, citado por Hartemink y Minasny, 2014).

Bouma *et al.*, (1986) mencionan que los problemas de los suelos se centran en obtener un equilibrio entre la producción agrícola, la protección del medio ambiente, la conservación de la naturaleza y el paisaje a través de nuevas leyes sobre la protección del suelo.

3.2.3 Evolución de la cartografía del paisaje-suelo

La evolución del conocimiento del suelo ofrece pistas sobre el estado del tema durante su historia, a medida que un conocimiento se adquiere un nuevo modelo aparece para reemplazar el viejo (Boeckheim *et al.*, 2005). Es importante conocer la historia a medida que avanzamos, considerando cualquier aspecto del estudio de suelo, mapeo, clasificación, modelado, herramientas, escalas y conceptos, para comprender e incorporar los distintos procedimientos en la clasificación mundial de suelos (Brevik, 2014). La importancia de las contribuciones depende de la originalidad, dedicación y habilidad para resolver los problemas. El rigor científico y la calidad están siempre

mejorando los desafíos más grandes y la escasez de recursos naturales que ya están bajo gran tensión (McKenzie, 2006). Por lo tanto, desde sus orígenes la historia de la ciencia de suelo se puede considerar que tiene etapas lineales y consecutivas, iterativa por períodos, pero desarrollando la siguiente evolución:

1 Pre-científica

La primera etapa pre-científica fue muy larga, y termina en el siglo XVIII, consistió en una serie de conocimientos dispersos no diferenciados, con contribuciones para resolver problemas prácticos locales y entremezclados con ideas de tipo filosófico-religioso acerca de la naturaleza.

2 El Suelo

Una segunda etapa se produce con la aparición del método científico y su aplicación al propio objeto de interés, donde se asientan los pilares o principios fundamentales de esta ciencia.

La aplicación del método científico ocurre a través de una gradación en el tiempo: así en la Física alcanzó este nivel hacia el 1600, con los trabajos de Copérnico (1543), Kepler (1609) y Galileo (1638). Posteriormente el establecimiento del método y la invención de utensilios ampliaron su aplicación a la Química. Los conocimientos, los métodos de trabajo y los instrumentos creados en las ciencias básicas, son los que orientan la atención a un determinado objeto natural originando su desarrollo. La Ciencia del Suelo se sustentó en los aportes de la Física, Química, Geología, Biología y Geografía.

El concepto de suelo evolucionó desde los primeros trabajos, que consideraban al suelo como el producto de la meteorización de formaciones geológicas aflorantes, caracterizadas por una forma de relieve y litológica.

3 Ciencia del suelo

La tercera etapa coincide con el surgimiento de la Ciencia del Suelo. Como ciencia coincide con los conceptos desarrollados por los científicos rusos donde se sintetizaron y armonizaron los diferentes enfoques hasta entonces existentes (Etchevehere, 1976).

En 1877 a raíz de unas severas sequías en Ucrania, se le encomendó a Dokucháyev (1840-1903) estudiar sobre el terreno los efectos de las mismas y los posibles remedios. La gran extensión del territorio a estudiar, las variaciones climáticas tanto en sentido latitudinal como altitudinal, así como sus conocimientos geológicos, geográficos y geobotánicos, con influencias de von Humboldt y de Darwin, orientan su pensamiento hacia los factores externos y a la idea de zonalidad, analizando los componentes del suelo no de forma aislada sino en armonía con la naturaleza y no sólo como una entidad independiente sino también dinámica que tiene un principio y desarrollo, realizando una clasificación de suelos.

Dokuchaev postulaba en 1886 que el suelo era un sistema natural complejo y en que en cualquier lugar es función del material originario, clima, vegetación, edad del terreno, topografía y otros elementos locales, es un sistema natural que tiene siempre su propia génesis y desarrollo (Kuviena 1952). La escuela rusa considera al suelo como un cuerpo natural independiente con una morfología propia que resulta de la acción combinada de clima, materia viva, roca original, relieve, edad, etc. Se puede decir que Dokuchaev y sus discípulos sentaron las bases de la Ciencia del Suelo y lo reconocieron como un cuerpo organizado y acreedor por sí mismo de un estudio científico. Los conceptos de la escuela rusa se difundieron en EE.UU. a través de los trabajos de Glinka, discípulo de Dokuchaev, traducidos por Marbut (Etchevehere, 1976). Según Boeckheim *et al.* (2005), Ableiter (1949) y Brevik (1990), Coffey fue en 1909 el primero en Estados Unidos en incorporar el concepto de Dokuchayev, considerando el suelo como un cuerpo natural aunque fue ignorado por casi una década.

Marbut *et al.* (1913) citado por Brevik y Hartemink (2013, 2014) publicaron un mapa de Estados Unidos con unidades fisiográficas subdivididas en series de suelo y los

suelos se dejaron de dividir en secciones para hacerlo en horizontes. Las universidades desde el inicio colaboraron en el relevamiento de suelo.

La necesidad de sistematizar el número creciente de series de suelos determinó que Marbut (1928) y Baldwin *et al.* (1938), citados por Boeckheim *et al.* (2005) fueran pioneros en occidente en la aplicación de las ideas pedológicas de la escuela rusa como base de la clasificación de suelo. El nuevo concepto del suelo basado en el estudio morfológico del perfil, tuvo una extensa aplicación práctica bajo la dirección de Marbut como jefe de la División de Suelos, que reconoció al Suelo como una disciplina distinta de geología, e insistió en que la clasificación del suelo se debería basar exclusivamente en su morfología, dado que las teorías de la génesis del suelo eran efímeras y dinámicas, aunque ni la una ni la otra deben dejarse de lado Etchevehere (1976).

El suelo como perfil, fue un concepto verdaderamente renovador y rápidamente difundido, daba énfasis a la observación del suelo mismo, que expresaba simplemente en su morfología, la integración conjunta de todos los factores formadores de suelo.

Los primeros sistemas de clasificación de suelos se basaron principalmente en conceptos geomorfológicos y geológicos, como propiedades mineralógicas y químicas de los materiales parentales (Dokuchaev, 1883, 1949; Marbut, 1928; Baldwin *et al.*, 1938, citados por Bockheim *et al.*, 2005). En 1920 se inicia el esquema de clasificación de suelo produciéndose una serie de sucesivas aproximaciones, desde la primera en 1948 hasta la séptima en 1965, la Taxonomía de Suelo en 1975 y la 2ª Edición revisada con 12 ordenes en 1999.

De acuerdo a Bockheim *et al.* (2005), Polynov (1923) y Kovda *et al.* (1967) que desarrollaron el enfoque de la escuela rusa para el sistema de clasificación de suelo y Cline (1949) resumió los principios básicos de la clasificación. La propuesta de la escuela rusa, de los factores interactuando y cambiando con el tiempo fue ampliamente discutida entre 1927 y 1935, hasta ser formalizada por Shaw (1932) y Jenny (1941) constituyendo la pedología y la geografía de suelo como base del relevamiento convencional y geopedológico de suelos, como realizarlo, presentarlo y archivar la información del suelo, siendo utilizados a través de los años 50 del siglo pasado (Scull *et al.*, 2003).

Jenny (1941) formalizó que los factores que definen el estado del sistema suelo en un esquema para enfocar el estudio de la génesis de suelo en función de clima (c), organismos (o), relieve (r), material parental (p), tiempo, localización, siendo factores independientes que operan en el tiempo (t), el suelo es una función $f(c, o, r, p, t, l...)$. Estos factores, no se los considero como formadores, creadores o fuerzas, sino como state factors que definen el state del sistema de suelos (Amundson y Jenny 1997), (Boeckheim *et al.*, 2014). El sistema suelo es abierto y se caracteriza por una organización jerárquica, es un modelo aclaratorio (Dijkerman, 1974), útil para estudiar el desarrollo de los suelos y cuantificarlos a través de estrategias de simulación computarizada (Jenny, 1961a; Yaalon, 1975 citados en Boeckheim *et al.*, 2005). Estos factores fueron escrito como una función integral para capturar la influencia interactuando de los factores sobre el suelo individual (Shaw, 1932, citado por Bockheim, 2005) y reescritos como variables independientes por Jenny (1941, 1961a), y aunque se hizo un concepto muy popular en pedología y constituye la base para interpretar los atributos del suelo en sentido genético, como pragmático, no fue realmente resuelta (Crowther, 1953, Kline, 1973; Philips, 1998, citados en Bockheim *et al.*, 2005).

Amundson y Jenny (1997), en la revisión de la estructura y atributos del modelo state factor expresan en una fórmula matemática general que las propiedades de los ecosistemas son función del clima, organismos, topografía, material parental, tiempo, humanos, y que la lista de los state factors model no es exhaustiva y la ecuación escrita permite la adición de otros factores de importancia local, como fuego, aire salino en costas, polvo etc. Jenny (1980) citado por Amundson y Jenny 1997)

Este sistema dominó durante los años 1920 a 1950, basado en el concepto de factores genéticos Cline (1963) citado por Boeckheim *et al.* (2005), y posteriormente fueron las bases de la clasificación global como el Soil Taxonomy (1999) y la WRB (FAO, 1998).

4 Relevamiento de suelo

Los relevamientos de suelos son metodologías para estudiar y describir sistemáticamente al recurso SUELO. Este período es el desarrollo de la ciencia misma, que fue rápido en la obtención de datos basados también en la aparición de nuevos instrumentos de trabajo, con las ideas básicas escasamente modificadas.

El Congreso de Madison de la ISSS (1960) puede considerarse como una nueva etapa en la génesis y clasificación de suelos (Webster, 1960). Por un lado se trabajó sobre la sistematización de las relaciones de suelo y la topografía realizada por Ruhe (Yaalon 1971) y por otro se presentó un nuevo sistema de clasificación de suelos basado exclusivamente en una serie de propiedades cuantificadas conocidas como la 7ª aproximación del Soil Taxonomy (1975). Aubert y Boulaine (1967) señalan que en Soil Taxonomy en 1960 y en la 7ª Aproximación se incluye el concepto de Pedon como el volumen más pequeño que puede ser llamado suelo y que permite el estudio de todos los horizontes, siendo comparable a la unidad de la célula o a la del cristal, con una superficie que varía de 1 a 10 m², tiene tres dimensiones y forma hexagonal.

El relevamiento de suelos en Estados Unidos se inició tempranamente, a escala de 1:15.840, y permitió definir series de suelo, que incluían un conjunto de suelos con las propiedades que indicaban su capacidad agrícola, publicadas en formato estandarizado y difundidas por extensionistas de suelo que interpretaban y colaboraban en desarrollar el modelo mental de la relación paisaje-suelo local.

Los productos del relevamiento de suelos han sido usados largamente como fuente de información para diversos usuarios como productores, técnicos y planificadores. El relevamiento contiene la siguiente información: Breve resumen de las características principales (interpretación de aptitud de suelo y taxonomía), información del sitio y general del suelo, descripción morfológica técnica del perfil (horizontes, etc), datos químicos y físicos, clasificación taxonómica de los suelos, mapa y leyenda jerárquica de las unidades de mapeo y memoria.

El mapeo de suelos con la metodología convencional comprende la recopilación de antecedentes y fotografías aéreas, reconocimiento general del área, fotointerpretación preliminar y definición tentativa de las unidades de mapeo, descripción de los perfiles de suelo, determinación del rango de suelos para cada una de las unidades determinadas, muestreo de los perfiles más representativos, análisis físico-químicos, clasificación taxonómica, fotointerpretación definitiva, mapa básico de suelos, temáticos, uso de suelo, leyenda y memoria.

El desarrollo temprano de la recepción remota o teledetección permitió el establecimiento de las Fotografías Aéreas (utilizadas inicialmente como base para orientarse y estudiar una selección de rasgos de la superficie terrestre) y de la Fotointerpretación (López Cuervo, 1980) en los aspectos metodológicos del estudio e inventario de suelo. Buringh (1954, 1960, 1970) promovió el uso de la fotointerpretación como técnica en el relevamiento de suelo y su uso sistemático revolucionó la técnica de relevamiento de suelo e hizo la contribución y mediación de la geomorfología indispensable para identificar y delinear la expresión de unidades de suelo en el paisaje (Zinck, 2012).

Las expresiones recepción remota o teledetección se refieren a las técnicas referidas a observar un objeto estudiar, analizar y medir sin tener contacto físico él a partir de detectar y medir las perturbaciones que induce en su entorno y se propagan en el espacio (Pinilla, 1995; Chuvieco, 1996). Estas radiaciones son captadas por sensores en plataformas aerotransportadas y espaciales a bordo de satélites, que serán utilizadas para la fotointerpretación, la fotogrametría, la generación de modelos digitales de elevación, y en caso del radar para la formación de imágenes, etc. (Barret y Curtis 1995).

La fotointerpretación consiste en examinar las fotografías aéreas para identificar los diferentes objetos que aparecen, con el propósito de definir su categoría, su naturaleza, sus límites, y las relaciones con el medio (Serra, 2005), es decir la fotointerpretación es el estudio de la imagen de aquellos objetos y la deducción de su significado (Goosen, 1968). Se debe conocer como son los objetos en la realidad para la obtención de buenos resultados y poder localizarlos en una fotografía (Vázquez Moure

y Martín López, 1989). La fotointerpretación ha sido muy utilizada también para conocer la cobertura del suelo y la vegetación (Zonneveld, 1969).

Ruhe y Walker (1968) citado por Ventura y Irvin (2000) delineaban las unidades geomórficas usando las variaciones del paisaje y las correlacionaban con las propiedades de suelo. Se consideraba el suelo como un continuo, aunque podía ser dividido en unidades discretas considerando las características comunes. El enfoque completo y complejo de factores formadores, sirvió para orientar al estudio de la relación paisaje-suelo, ya que los suelos se desarrollan según ubicación. Por ejemplo en regiones a latitud media, con cierta biota y clima, los rasgos de la pendiente como gradiente, orientación, longitud, curvatura, etc. influyen en características tales como epipedon mólico o concentración de nutrientes (Kirckpatrick y Nunez, 1980; Miller *et al.*, 2004; Rech *et al.*, 2001; Rezaei y Gilkes, 2005; Wilkinson y Humphreys, 2006, citados por Beaudette, 2008).

Anteriormente se ha indicado que la menor unidad tridimensional que puede reconocerse en el paisaje como suelo es el pedon con una superficie entre 1-10 m² según variabilidad (Soil Survey Staff, 1960, 1975, 1999). Cline en 1949 y 1961, propuso el concepto del pedon como “modal” y luego lo lamentó porque focalizó la atención en el perfil a expensas de la distribución de suelos. El modal basado en la moda estadística fue extendida a representativo perfil de suelo de una serie de suelo (Bockheim *et al.*, 2005). El polipedon fue reconocido como un suelo individual, donde todas las características están dentro de los límites de una sola serie de suelos (Johnson, 1963 en Bockheim *et al.*, 2005).

En la fotointerpretación el uso del estereoscopio era efectivo cuando el usuario tenía una comprensión o entendimiento de la relación paisaje-suelo (Indorante, 1986) para encontrar los patrones de asociación de suelos, es decir la relación entre la morfología y las características identificables del paisaje para agrupar varios pedones cartográficamente en cuerpos mapeables con un alto grado de homogeneidad taxonómica aún útil y que pueden modernizarse (Indorante, 1986, 1992, 2011).

La cartografía convencional de suelos se basa en una valoración cualitativa y parcialmente cuantitativa de las propiedades de los suelo en relación al paisaje y a las variables del ambiente (Scull *et al.*, 2003) aunque muchas se cuantifican ya que desde los años 80 del siglo pasado se estimuló a que se avanzara a lo cuantitativo (Oldeman, 1993), además se desarrollan tecnologías para aumentar el potencial para mejorar los mapas de suelos producidos (Scull *et al.*, 2003).

5 Pedometría y mapeo digital

La ciencia de suelo estuvo atenta al problema de la variación espacial y temporal de los suelos desde los comienzos del siglo XX (Beckett y Webster, 1971; Smith, 1938; Webster, 1994, citados por Burrough *et al.*, 1994), aunque sólo a finales de las décadas de 1960 y 1970 los estudios de la variación espacial y temporal empiezan en forma sistemática (Webster, 1960, 1985, 1994; Webster y Oliver, 1990).

La necesidad de un enfoque holístico agroecológico, que considere los aspectos físicos, químicos y biológicos de los recursos suelo y agua, y también aquéllos del ambiente, de la economía, sociedad, legales y técnicos que afectan el uso del suelo en una base de datos accesibles ligados a sistema de información fue indicado por Sombroek (1983).

Desde los años 80 existe en las ciencias de suelo un creciente interés por aumentar la cuantificación de los atributos de suelo, por lo que durante un tiempo se produjo un afán en reemplazar las bases cualitativas o suplementar el experto juicio del reconocedor con métodos reproducibles y cuantificar todos los atributos de suelo. Esto orientó el trabajo a dinamizar el proceso y producir bases cuantitativas para la producción de mapas (Oldeman, 1993).

Actualmente, del mismo modo que la aerofotografía y la fotointerpretación, se puede utilizar la combinación de sistemas de información geográfica/sensores remotos, como un excelente estereoscopio, cuando es realizado con conocimiento de ciencias del suelo. Estas técnicas ofrecen la potencialidad de hacer el trabajo de campo más objetivo y eficiente (D'Ávello *et al.*, 2015). Białousz *et al.*(2010) señala que falta completar y

desarrollar un método sistemático de procesamiento de imágenes integrado a un enfoque de análisis espacial de multi fuente para actualizar mapas y bases de datos.

En Estados Unidos las técnicas de sistemas de información geográfica/sensores remotos aparecen cuando el inventario está casi completo, pero se utilizan para disgregar las unidades cartográficas y refinar la representación de la relación paisaje-suelo (Golden 2008), (D'Ávello *et al.*, 2015). Estas técnicas son de aplicación en los países en desarrollo donde todavía es amplia la necesidad de mapeo de suelo a escalas adecuadas (Zink, 2000, 2013), permitiendo reducir los costos de la cartografía convencional en áreas pobremente accesibles que son costosos principalmente por los largos períodos de campo (Beaudette, 2008).

La reducción de la participación de los estados en la planificación e inventario de suelo para uso general, así como cambios en las necesidades de información, un inadecuado uso de la información de suelo por los potenciales usuarios y la dificultad de entregar la información pertinente y oportuna a precios asequibles (Ibañez y Boixadera, 2002) produjo una desvalorización de los mapas convencionales, a pesar de que el suelo es la zona crítica de la corteza terrestre.

Se consideró que los métodos cartográficos tradicionales, caen en excesiva simplificación al basar toda la información suministrada en las unidades cartográficas (de Gruijter *et al.*, 1997). Los mapas convencionales son subjetivos, no proporcionan información para modelar la dinámica de las condiciones de suelo y son poco flexibles para estudios cuantitativos sobre la funcionalidad de los suelos (Webster, 1994). En ellos se considera el suelo como un continuo, es dividido en unidades discretas considerando las características comunes. McBratney *et al.*, (1992) citado por Ventura e Irvin (2000) señalan también que el suelo debe considerarse un continuum, sugieren agruparlos en una clasificación continua y no en clases discretas.

Blum (2006) considera que la interpretación de la inconsistencia espacial y/o temática de la cartografía tiene su origen en la falta de un conocimiento general del suelo y sus funciones para interpretarlos adecuadamente, debido a la especialización sobre las distintas características y procesos del suelo, lo que conlleva a una sobreespecialización enfocada sobre trabajos sub-disciplinarios. Además esas

inconsistencias se encuentran, a través de diferentes entendimientos e interpretaciones de los sistemas de referencia por los proveedores de datos y los “traductores” de mapas (Dobos y Montanarella, 2007).

Desde los años 80 se estimuló pasar de la caracterización cualitativa de los suelos a lo cuantitativa. Se crea en la IUSS la comisión de Pedometría con fines de evaluación, orientándose a la formulación de funciones de pedotransferencia y al uso de la estadística para caracterizar la variabilidad espacial, etc. (Bouma, 1997).

En 1992 se constituye la Pedometría, un neologismo formado y usado análogamente a otras palabras como biometría, sicometría, econometría y geometría. Se refiere a la aplicación de técnicas numéricas para describir y mapear los suelos tratando de hacer el relevamiento de suelo, clasificación y evaluación de tierra lo más objetiva posible. McBratney (1986) citado por de Gruijter *et al.*, (1994) la define como la aplicación de matemáticas y métodos estadísticos a la descripción de suelos. Una definición alternativa, es que la pedometría trata de la ciencia de suelo y los problemas relacionados cuando hay incertidumbre debido a variaciones determinísticas o estocásticas, ambigüedad o falta de conocimiento de las propiedades de suelos o de los procesos (Webster, 1994).

La Pedometría es parte de la ciencia del suelo cuantitativa, que cubre una gran porción de técnicas de cartografía digital de suelos para la modelación de los procesos del suelo y sus variables. Los procesos del suelo fueron organizados en un grupo de reglas cualitativas, las cuales creemos son verdaderas y explican la naturaleza y propiedades de los suelos en un ambiente dado. En la Pedometría se hacen uso de las más avanzadas técnicas cuantitativas y fuentes de datos digitales para probar estas reglas y relaciones, para examinarlas, para explicar la variabilidad espacial y temporal, y los cambios de las propiedades del suelo, y para prevenir las tendencias del futuro.

Se utilizan funciones de pedotransferencia o variables edáficas derivadas (Domingo Santos, 2002), que son fórmulas que estiman valores de difícil medición a través de variables cuya evaluación sea fácil y económica por mediciones directa o por modelización (Legros, 1996; Burger y Kelting, 1999; Montanarella, 2000; en Domingo Santos, 2002), como las curvas características de humedad.

En los años 90 se enfatizó también con el uso de la estadística para el mapeo de características de suelo (Nielsen *et al.*, 1983). Se aplica la Geoestadística, que es la rama de la estadística que trata la exploración y modelado de la estructura espacial y el uso de esta estructura para mapeo, siendo usada en varias disciplinas. Es útil para inferir valores de un sitio del que se disponen datos para otro donde no existen o para estudiar la variabilidad en una unidad geográfica.

Así mismo durante la década de los 90 la construcción de los bloques diagramas Dufour (1917) citado por Wageningen University (1982), Sister (1937) Goosen (1961, 1962), se dinamizaron con el desarrollo de los programas específicos Surfer (Golden Software, 2001) Topogrid, Arcinfo, etc. Este proceso y sus resultados se denominó “análisis digital de terreno”, “análisis geomorfológico” (Odeh *et al.*, 1994) “parametrización de las formas del terreno” o “morfometría de las formas del terreno” (Schmidt y Hewitt, 2004). Cuando se incluía otras variables además del relieve, como temperatura, precipitación, geología, napa freática, uso y cobertura (Burrough y McDonnell, 1998) paso a denominarse “variable predecible de suelo” (Odeh *et al.*, 1998) o “variable ambiental de suelo” (McKenzie *et al.*, 1999).

Irvin *et al.*, (1997), Zhu *et al.*, (1996), citados por Taramelli (2011), utilizaron los parámetros de terreno, geológicos y datos de sensores remotos para derivar elementos del paisaje. A partir del año 2000 con la introducción creciente de datos de sensores remotos y los datos topográficos en MDE, se difundió el uso de modelos de predicción con diferentes resultados (Bouma, 2006), pasando a denominarse mapeo digital, mapeo predictivo o cartografía digital de Suelo al proceso y resultado (McBratney *et al.*, 2003).

En los años 90 EE UU había terminado el relevamiento de suelo con la metodología convencional, por lo que las técnicas de sensores remotos y los modelos de elevación, tuvieron poca aplicación en la cartografía convencional (Golden, 2008, 2013). Sin embargo el rápido crecimiento de equipos y programas específicos orientó hacia la producción de mapas en formato digital, ya que aunque los mapas impresos son útiles y sencillos de usar, para facilitar su aplicación fueron todos digitalizados por USDA-NRCS *National Cooperative Soil Survey Program* (NCSS), a múltiple escala y con información de conservación y manejo de suelo a nivel nacional, de estado y local (Beaudette 2008).

La base teórica de los mapas predictivos de suelos (PSM, predictive soil mapping), aplican también las ideas de la escuela rusa de la formación de suelos (Bockheim *et al.*,2005), como que el carácter de un suelo es una función del clima, organismos, relieve, material parental, tiempo, e implica que si la distribución espacial de los factores formadores de suelos es conocida, el carácter del suelo puede inferirse. El esquema teórico de los mapas predictivos, ha sido usado ampliamente por el desarrollo de tecnologías geo computacionales, aunque requiere ser tratada en el ámbito de las publicaciones geográficas, cosa que no ocurrió extensamente en las dos últimas décadas (Scull *et al.*,2003).

La cartografía digital de suelos es la recopilación, ordenamiento y sistematización de bases de datos de suelos georreferenciadas a una resolución dada, usando métodos de observación de campo y laboratorio ensamblados con datos ambientales a través de relaciones cuantitativas para aplicaciones de multipropósito, convertibles y actualizables (del Valle, 2011).

El mapeo digital denominado también predictivo (Scull *et al.*,2003) se refiere a técnicas de mapeo de suelo y propiedades realizado mayoritariamente con técnicas digitales, aunque siempre incorporando información de campo y de laboratorio. El rápido crecimiento, el menor costo de equipos de campo y programas informáticos puede desarrollar la toma de datos de campo, haciendo todas las observaciones en formato digital georreferenciada y guardar la información completa. El mapeo digital de suelo ha aportado mucho al relevamiento de suelo y a la cartografía y ha sido controlada por programas de mapeo de suelo en todo el mundo (Boettinger *et al.*,2010; Hartemink *et al.*,2008; Lagacherie *et al.*,2006; Minasny *et al.*,2012; en Hartemink y Minasny, 2014).

Se puede decir que el relevamiento de suelos, es una actividad que utiliza la metodología científica empírica, orientada al estudio de la génesis, naturaleza, distribución y uso del suelo (Dijkerman, 1974), discusiones sobre perfiles de suelo y el desarrollo de modelos de paisaje-suelo tridimensional (Hengl, 2000), la conceptualización, reconstrucción y visualización científica para entender la complejidad del paisaje (Grunwald, 2006; Grunwald *et al.*,2007), fortalecen el futuro de

la ciencia de suelo (Bouma, 1994; Dobrovolskii, 2001; Finke, 2012; Hartemink, 2006; Hudson, 1992; Zinck, 1995 en Hartemink y Minasny, 2014).

Hengl y Rossiter (2003) encontraron que utilizando el MDE y una clasificación automática se determina la ubicación de los límites de las geoformas más rápido que con la fotointerpretación y que el mapeo consiste en integrar el conocimiento experto del reconocedor de suelo y el SIG que con un entrenamiento correcto que sea capaz de encontrar los patrones. Este proceso permite concentrar el esfuerzo del experto en identificar la relación paisaje-suelo para mapear grandes áreas lo más eficientemente como sea posible.

Los métodos usados para establecer relaciones cuantitativas entre propiedades de los suelos y el ambiente descrito con atributos del terreno derivado de MDE y la radiación espectral de las imágenes satelitales han sido las más usadas en mapeo digital de suelos partir de capas de SIG (McBratney *et al.*, 2003).

6 Crisis de la edafología

En las décadas de los años 80 y 90 se produjo la crisis de la edafología, crisis disciplinaria (Kuhn, 1962), (Osorio Mancilla, 2014), revoluciones científicas y cambios de paradigma (Ibañez y Boixadera, 2002), (Ibañez y Bockheim, 2013). Basher (1997) señala igualmente que en esas décadas se produjo una crisis de la edafología, y el estudio de los suelos como cuerpos naturales del paisaje sufrió recortes serios en personal y financiación en muchos países desarrollados.

El mapeo digital se ha realizado tomando datos de la cartografía convencional y muy pocos avances se realizaron en cartografía de suelos de nuevas áreas. Prediciendo variaciones de propiedades y características como profundidad (Dobos y Hengl, 2009) o comparando exactitud de mapeo convencional versus sistemas expertos Skidmore *et al.*(1996) citado por Zink (2012). Hay pocos ejemplos de agencias nacionales o regionales que hayan adoptado el mapeo digital (Hengl y MacMillan, 2009).

La ecuación conceptual de Jenny (1941), Amundson y Jenny (1980) que definen a los factores formadores de suelo, el clima, los organismos, el relieve, el material parental, el tiempo y otros, es útil para guiar la interpretación y la construcción del modelo mental de la relación paisaje-suelo, aunque según Hengl y Rossiter (2003) esta aplicación de los conocimientos y el uso de las técnicas se realiza en forma subjetiva y subconsciente.

Desde el punto de vista operacional, el mapeo digital está limitado a ambientes académicos y esencialmente consiste en mapeo de atributos del horizonte superficial, no los cuerpos de suelo. En entidades oficiales a cargo de relevamiento de suelo, la cartografía digital está frecuentemente limitada a digitalizar mapas convencionales (Rossiter, 2004). Los mapas digitalizados de USDA- NRCS *National Cooperative Soil Survey Program* (NCSS), se colgaron en internet para que estuviese disponible la base digital de datos espaciales y de atributos, con interfaces amigables incluso con la ayuda de un mapa interactivo y acceso a Google Earth (Beaudette, 2008).

del Valle (2009, 2011) menciona que para la Asociación Cartográfica Internacional, un mapa es un único elemento para la creación y manipulación de representaciones visuales o virtuales del espacio geográfico que permiten la exploración, el análisis, la comprensión y la comunicación de información sobre ese espacio, e independientemente de los procesos de producción cartográfica, los mapas deben continuar manteniendo las normas cartográficas. En el mapeo digital de suelos (DSM) se puede confiar, pero es conveniente que la delineación de los límites y la asignación del suelo sea realizado por especialistas de suelo (D'avelo *et al.*, 2015).

Según Heuvelink y Webster (2001), los suelos varían en todas las escalas con una gran complejidad, y no se pueda capturar la completa variación en un modelo determinístico, mientras que Ibañez y Bockheim (2013) señala que explorar la variabilidad de una sola especie biológica también requiere muestrear toda la población, ya que no hay dos individuos idénticos. Heuvelink y Webster (2001) afirman que los modelos geoestadísticos tratan las propiedades de suelo como si fueran realizaciones aleatorias. Para Ibañez (2013) si éstas fueran aleatorias, entonces la pedología debería desaparecer como ciencia y como un corolario de su premisa, de acuerdo a los

estándares de la filosofía de la ciencia, esto no es un cambio de paradigma. Según Ibañez (2013), y a diferencia de Heuvelink y Webster (2001), las clasificaciones de suelos son necesarias porque la mente humana categoriza y clasifica con vistas a razonar y crear un lenguaje. Las taxonomías biológicas y edafológicas son prácticamente idénticas como también sus sesgos (cognitivos, geográficos y utilitaristas).

McBratney *et al.*,(1992) consideran que el suelo debe ser considerado un continuo y no como clases discretas. La biofilosofía y otras taxonomías biológicas comparten el continuum. Sin embargo ningún biólogo piensa que la clasificación universal con divisiones absolutas basadas en el concepto de especies es insustituible. De acuerdo al criticismo de los pedómetros las críticas a las biotaxonomías están equivocadas. Para Ibañez (2013), los edafólogos no consideramos lecturas de biofilosofía, taxonomía de las plantas y biosistemáticas, ni el estado del arte de la sistemática biológica, etc. y dudamos de nuestras construcciones teóricas

La desventaja del uso del mapeo digital es el desconocimiento o desvalorización de la cartografía convencional por ignorancia o por confusión de la clasificación utilizada, o de la escala, o de la temática. El uso de parámetros cuantitativos permite describir la continua variación de las características topográficas con la técnica de conjuntos difusos Burrough *et al.*,(2000), sin embargo este enfoque puede ser un inconveniente cuando se ignoran o desconocen las características diferenciadoras de las geoformas como unidades discretas, frecuentes en procesos erosivos (Zink, 2012).

En el marco conceptual es importante la clasificación cuando pasa de la genética a la morfología y se pierde el objeto de estudio de los científicos de suelo. Lo importante es que el entendimiento y conocimiento están aún lejos de la realidad y todavía se tiene que hacer mucho e investigar en la ciencia del suelo para entender mejor los suelos.

El suelo es una variable espacialmente a diferente escala y orientación y a veces falta información para hacer suficientes inferencias confiables (van Meirvenne, 2014). Los científicos de suelo, identifican factores de suelo, taxonomía, mapeo de suelo como una combinación de unidades con una única definición, procesos y uso de estadística para muestreo y describir la variación (van Meirvenne, 2014).

7 Evolución de la sistemática de suelo

La evolución de los mapas de suelos y sistemas de clasificación ofrecen pistas sobre el estado del tema durante su historia. A medida que se adquiere el conocimiento en una disciplina, un nuevo modelo aparece para reemplazar el viejo (Bockheim *et al.*, 2005). Es importante conocer esta historia a medida que avanzamos con la cartografía digital de suelos, considerando cualquier aspecto del mapeo de suelos, clasificación, modelado, herramientas, escala y conceptos, mientras se realizan esfuerzos para proporcionar continuidad en la clasificación mundial de suelos (Brevik, 2014).

La sociedad en el afán de conocer mejor las propiedades de suelo, su funcionamiento y usarlos más eficientemente ha ideado numerosos sistemas para clasificar los suelos, para ser usados como un medio no ambiguo en la comunicación científica (Buol *et al.*, 1973, 2011). La mayoría de las clasificaciones son jerárquicas e incluso las estructuras matemáticas de las taxonomías biológicas y edafológicas son prácticamente idénticas, como también sus sesgos cognitivos, geográficos y utilitaristas (Ibañez, 2013).

Muchos pedólogos tienen la opinión que las biotaxas son cuerpos naturales mientras que las pedotaxas son artificiales (Sattler, 1986 en Ibañez y Boixadera, 2002). Sin embargo ningún biólogo piensa que la clasificación universal con particiones duras basada en el concepto de especie son irremplazables (Basher, 1997). No existen clasificaciones perfectas y completas, este es un proceso que nunca acaba a medida de que nuevos métodos son desarrollados para analizar los suelos (Buol *et al.*, 2011). Además se pueden elaborar “ac hoc” cuando se requiere en un sitio, partiendo de las clasificaciones básicas y utilizando bases de datos, que en su momento podrán servir para universalizar las clasificaciones existentes (Ibañez, 2013).

Las clasificaciones del *Soil Taxonomy* (USDA, 1975, 1981, 1999, 2010) y el *World Reference Base for Soil Resources*-Base Mundial de Referencia para los Recursos del Suelo (FAO, 2015) son los sistemas que rigen la clasificación del suelo.

del Valle (2011) destaca la necesidad de información cuantitativa de suelos para proveer un soporte de datos con valor agregado en la implementación de una estrategia en la cartografía y monitoreo del suelo, en una clasificación más cuantitativa basada en propiedades.

En Estados Unidos, la metodología de los mapas del suelo producidos desde 1900s, evolucionó y cambió, desde un clasificación basado en geología a un concepto pedológico del suelo y más tarde a un sistema basado en propiedades, para después pasar a uno basado en procesos, y luego de regreso a propiedades (Brevik y Hartemink, 2014).

Considerando Blum (2006) la ciencia del suelo todavía tiene que explicar por qué existen varios sistemas de clasificación de suelos diferentes, pero ningún acuerdo general sobre la taxonomía de suelos a nivel mundial, o acerca de la definición de tipos o subtipos. Esto indica que la ciencia del suelo no puede definir su propio objeto de investigación a nivel global o regional. Muchos científicos del suelo, o aquellos que dicen ser científicos del suelo, no tienen un conocimiento general del suelo y sus funciones, sino que están muy especializados, enfocándose sobre distintas características y procesos del suelo (Blum, 2006).

Actualmente se necesita destinar mayor atención en las cualidades, funciones de suelo y otros atributos para desarrollar y controlar clasificaciones de suelo para que políticos y legisladores tengan un mejor entendimiento del significado de suelo en el futuro (Arnold y Brevik, 2014). Hay una necesidad creciente de datos de suelo, particularmente en áreas semiáridas boscosas (Beaudette, 2008).

8 ¿Cómo abordar los desafíos de la falta de datos de suelo? ¿Metodología convencional modernizada?

El suelo como un recurso con múltiples usos, soporte de la vida, y proveedor de servicios ambientales ha retornado lentamente en las agendas políticas nacionales e internacionales. La geopedología se presenta como una propuesta integradora de geoforma y suelo, complementar el mapeo digital, y que puede dinamizar el

relevamiento de suelo con la aplicación de las técnicas de geomática complementando el mapeo digital (Zink, 1999, 1994, 2012, 2013; Farshad, 2010).

Actualmente, la demanda de soluciones sustentables para la producción agropecuaria, de datos para la modelización desde los procesos agrohidrológicos a socioeconómicos, la perspectiva de los escenarios, no solo requiere completar la cartografía básica de suelos, sino realizar una revalorización y actualización de la metodología de levantamiento incorporando herramientas y técnicas modernas de la Geomática (Krol *et al.*, 2007), como la teledetección con sensores en plataformas espaciales, sistemas de información geográfica, y posicionamiento con GPS, entre otros.

A mitad del siglo pasado el uso sistemático de la fotointerpretación revolucionó la técnica de relevamiento de suelo y junto a la contribución y mediación de la geomorfología fueron indispensables para identificar y delinear la expresión de unidades de suelo en el paisaje. Esto no es visto ni entendido por los estadísticos (Zinck, 2012) en los años 2000, así como que se podía avanzar en el relevamiento de extensas áreas con las técnicas nuevas de sensores remotos en plataformas espaciales (Angueira, 2015).

La interpretación de imágenes satelitales se ha utilizado para delimitar la relación paisaje-suelo, según el enfoque geopedológico (Zinck, 1988; Zinck y Valenzuela, 1990), donde la forma del terreno es un elemento entre otros. Los procedimientos estandarizados para mapeo de la relación paisaje-suelo fue normalizado por USDA (1951, 1993, 2002), también mencionado en Hengl y Rossiter (2003).

La cartografía de suelos convencional intenta superar algunas de las desventajas de los mapas de suelos tradicionales que a menudo sólo se centran en delinear los tipos de suelo, no proporcionando la información necesaria para la modelación de la dinámica de las condiciones del suelo y siendo poco flexibles para estudios cuantitativos sobre la funcionalidad de los suelos. Actualmente, los usuarios requieren estimar las propiedades específicas y evaluar la incertidumbre. Los avances en análisis de terreno y modelos estadísticos han conseguido encapsular digitalmente varios de los modelos conceptuales

Beaudette (2008) indica que para que el modelo conceptual complejo de los científicos de suelo pueda ser interpretado y usado, se necesita que un mapa regional con múltiple resolución espacial de las propiedades de suelos, la cuantificación de la incertidumbre y métodos de presentación dinámicos.

Los mapas de suelo impresos producidos por relevamiento convencional, como resultado de delineación manual de las unidades de asignación de suelo también pueden ser digitalizados o los topógrafos pueden dibujar usando computadoras de campo, por lo que, los límites tradicionales, basados en conocimiento y tecnología y marcos de cartografía basada en datos del suelo, son en esencia digitales.

Actualmente, la cartografía de suelos convencional, puede hacer un uso amplio de los avances tecnológicos, incluyendo GPS receptores, escáneres de campo y sensores remotos y los avances computacionales, incluyendo algoritmos de interpolación e inferencia geo-estadísticos, SIG, modelo digital de elevaciones y de minería de datos. También en la cartografía convencional digital del suelo, se pueden utilizar tecnologías y técnicas automatizadas para adquirir, procesar y visualizar información sobre suelos y auxiliares, para que el resultado final pueden obtenerse a menor costo. La incorporación de datos auxiliares representados por la probabilidad permite aumentar la fiabilidad de una clasificación convencional, superando los resultados de métodos paramétricos y contextuales (Tempfli *et al.*, 2009).

Los productos de la cartografía de suelos basada en datos o estadísticas comúnmente son evaluados para la exactitud y la incertidumbre y pueden actualizarse más fácilmente cuando se los dispone en formato digital. El objetivo podría ser como contribuir con el estudio de suelo como un campo al azar y que herramientas modernas y sensores proximales se pueden ofrecer para entender y caracterizar las propiedades de suelos (van Meirvenne, 2014).

El relevamiento de suelo es una ciencia geográfica aplicada, por lo tanto se deben seguir las mismas reglas que los científicos acertados (Rossiter, 1998). También la tecnología moderna de métodos de localización puede ser usada para la ubicación en el terreno de manera precisa, rápida y económica, incrementando la calidad del relevamiento de suelo. Anderson (2006) utiliza la analogía, la de los lentes de campo o

binoculares, para describir como la ciencia del suelo debe realizar el estudio real de los suelos en la naturaleza, con todas las complejidades y misterios relacionados, si continuamos valorándola como una ciencia natural. Los binoculares amplían y acercan los objetos, pero dentro del contexto de una visión amplia del campo, el paisaje, se enfocan sobre los objetos de interés, como parte del mundo en el cual los objetos.

Fridland (1974) citado por Zink (2012) mostró que los suelos se distribuyen en el paisaje de acuerdo a patrones que forman la estructura del manto de suelos. Genéticamente, la geoforma toma los factores de formación de suelo de Jenny (1941), principalmente relieve, naturaleza del material parental, la edad relativa, por lo tanto el contexto geomorfológico es un esquema adecuado para mapeo de suelo y entender su formación (Zink, 2012).

El modelo digital de elevación es una herramienta también entre otras, diseñada para facilitar la tarea de mapeo o cartografía. Se puede ver el paisaje, como esquema general, con una mirada compuesta geomórfica-geológica-genética, alternando con una mirada taxonómica focalizada en las propiedades del suelo para denominar y correlacionar los suelos, identificar unidades de mapeo, hasta encontrar una relación entre las propiedades de suelo y el paisaje (D'Ávello *et al.*, 2015).

En el levantamiento de suelo además de las herramienta convencionales que incluye pala, barreno, reactivos químicos, mapa, etc., se usan nuevas herramientas para delinear y analizar la variabilidad, espacio temporal y representar gráficamente esa variabilidad, con enfoques y métodos de análisis de sensores remotos; técnicas de Geoestadística, para la predicción usando métodos no lineales, árboles de regresión, redes neuronales, variación espacio temporal; cartografía 3D, sumando técnicas y herramientas como sistemas de información geográficos y métodos geoestadísticos de interpolación (Collins y Walter, 1998).

Estas acciones se apoyan en el concepto donde el suelo está compuesto como un conjunto de individuos los cuales son fácilmente identificables, diferenciables y mensurables (Beaudette, 2008). La habilidad de aplicar los métodos de sensores remotos y mejorar la coherencia del mapeo de suelos a escala global, podría contribuir a

Sistema Global de Observación de Suelos, el cuál es planeado por el Sistema de Observación Global de la Tierra (GEOSS) para monitoreo de los recursos naturales (Battrick, 2005).

3.2.4 Integración de modelos digitales de elevación en la cartografía de suelo

En la metodología de levantamiento de suelo, una de las etapas consiste en la interpretación de fotografías aéreas y bloques diagramas, para delimitar las unidades cartográficas tentativas. En esta tesis, se va a utilizar el modelo digital de elevaciones (MDE) para emular la visión estereoscópica posible con fotografías aéreas y ampliar las posibilidades de análisis.

Según Felicísimo (1994) la medida y caracterización de las formas de terreno ha merecido atención desde hace más de 100 años, ha evolucionado como disciplina y la geomorfometría se ha beneficiado del desarrollo de las técnicas de almacenamiento y representación de la información. Evans (1972) citado por Felicísimo (1994) distinguió dos grandes líneas dentro de la geomorfometría: la general, y la específica. Mientras la primera trata de la medida y análisis de las características geomorfológicas aplicables a cualquier superficie, la segunda trata de la diferenciación entre elementos geomorfológicos específicos.

Los Modelos Digitales de Elevación (MDE) aportan dos tipos de información *i*) Información explícita de la altitud del terreno *ii*) Información implícita de las relaciones entre los datos del atributo altitud. En forma conjunta estos dos tipos de información describen en forma objetiva y exhaustiva la morfología del terreno. En consonancia, hay dos formas de caracterizar las formas del relieve y sus componentes que pueden utilizarse independiente o conjuntamente: *i*) mediante descriptores globales de información estadística no representable espacialmente como histogramas, dispersión, etc y *ii*) usando descriptores locales de naturaleza espacial y representables como modelos digitales del terreno.

En relación a su aplicación en el análisis del sistema paisaje-suelo, los MDE y sus modelos derivados resultan de gran utilidad, porque los procesos geológicos y morfológicos dejan huellas morfológicas específicas en las áreas donde se producen. Al

mismo tiempo esta información cuantitativa directa y sus derivados complementan la metodología convencional de cartografía de suelo, al proveer nuevas técnicas para visualizar el sistema paisaje-suelo a través de la cuantificación de elementos de las geoformas, que reemplazan la interpretación a través de la visión estereoscópica de las fotografías aéreas y los Bloques Diagramas (Sitter, 1937), (Lobeck, 1939), (Goosen, 1962), y que apoyan el desarrollo del modelo mental del terreno que realiza el especialista experimentado (Ventura e Irvin, 2000).

3.2.4.1 Las variables topográficas

En la práctica la descripción del relieve a diferentes escalas partiendo de los MDE se realiza utilizando un conjunto de medidas que definen las características del terreno. Este proceso o caracterización paramétrica del relieve, permite distinguir diferentes tipos de relieve a partir de un conjunto de medidas que describen sus formas o lo que es lo mismo, realiza una descripción numérica de formas topográficas.

Felicísimo (1994) describe tres condiciones que deben reunir los parámetros o variables utilizadas en la parametrización del relieve: i) deben tener relación con procesos geomorfológicos, ii) deben complementarse y no dar información redundante y iii) deben informar si dependen de la escala de trabajo porque transmitirán esta condición al propio proceso.

Existen varias propuestas de variables para la parametrización del relieve siendo la *elevación pendiente* sobre la que hay menos discusión; *orientación* y *curvatura* otras variables usadas con frecuencia en geomorfologías; *rugosidad*, definida como la variabilidad de la superficie, y *convexidad*, estas dos últimas variables utilizadas con menor frecuencia. Todas estas variables cumplirían con las condiciones requeridas y pueden ser representadas como modelos digitales con la misma resolución que el MDE.

- **Gradiente topográfico.** En un MDE la altitud en el entorno inmediato de un punto puede describirse de forma aproximada mediante un plano de ajuste, los coeficientes del gradiente son útiles en el cálculo de modelos digitales derivados y el análisis de los componentes del gradiente revela la discontinuidad de sus distribuciones.

- **Pendiente.** La pendiente en un punto del terreno se define como el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en ese punto y la vertical. Existen varios métodos de cálculo de la pendiente, diferenciados por el número de puntos vecinos que se utilizan que van de 2 a 8. La elección del método debería valorarse en función del tipo de aplicación aunque en la práctica el de 2 u 8 puntos con o sin ponderación depende más del tipo de software utilizado. Debe tenerse en cuenta que con el de los 2 puntos incorporado en Idrisi se destaca la pendiente máxima local mientras que con el de 8 puntos sin ponderar aplicado por Erdas y ponderado de Arc-Gis se minimizan los posibles errores del MDE pero se suavizan las pendientes.

-**Orientación.** Esta variable expresa el ángulo existente entre el vector del Norte con la proyección en el plano horizontal del vector normal a la superficie en el punto bajo estudio.

-**Curvatura.** La curvatura es la tasa de cambio de la pendiente en el entorno del punto estudiado. Se diferencia el uso de la curvatura media que mide la concavidad/convexidad general en torno al punto, la curvatura longitudinal que la mide en la dirección de la máxima pendiente y la curvatura transversal que es su medida normal a la máxima pendiente.

-**Rugosidad.** Mide la variabilidad de la superficie. Para el cálculo de esta variable no existe una uniformidad de criterios como para las variables anteriores. Tal vez el método más usado sea a través de la dispersión de las pendientes.

-**Caracterización morfométrica.** A partir de los valores de las variables anteriores es posible identificar algunos elementos básicos del relieve como picos, crestas, collados; planicies, canales y pozos y de la combinación de ellos, otros más generales, como ladera.

La Tabla 3.1 provista por Felicísimo (1994) es muy ilustrativa de la descripción genérica de los elementos básicos.

Tabla 3.1 Descripción genérica de los elementos básicos del relieve

Elemento	Descripción
Pico	Convexidad en todas direcciones
Cresta	Convexidad en una dirección ortogonal a una línea sin curvatura
Collado	Convexidad en una dirección ortogonal a una concavidad
Ladera	Sin curvatura y con pendiente nula
Planicie	Sin curvatura y con pendiente nula
Canal	Concavidad en una dirección ortogonal a una línea sin curvatura
Pozo	Concavidad en todas direcciones.

3.2.4.2 Los métodos de clasificación

La clasificación del relieve se realiza a partir de la elevación y las variables o parámetros derivados utilizando metodologías de análisis de datos multivariados utilizados en la teledetección tanto en clasificaciones supervisadas en las que el usuario debe definir las características de las clases como en las no supervisadas, donde se aplica un procedimiento iterativo.

Uno de los algoritmos iterativos para definir grupos o clases más usados en clasificación no supervisadas es el ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis), (Tou y Gonzalez, 1974). Este algoritmo es comúnmente aplicado para la clasificación de imágenes satelitales. Los atributos derivados del relieve, equivalente a la reflectancia espectral de imágenes multibandas, son usados para determinar las clases. ISODATA incorpora un proceso iterativo en el cual se le asigna medias arbitrarias del espacio multidimensional a un número de clases, k , no necesariamente definidas por el usuario. Todos los puntos son asignados a estas clases, se calculan medias para cada una de ellas y la similitud de la clase se mide por el desvío típico en las direcciones x e y y las diferencias de sus medias.

El proceso se repite reclasificando los puntos en las clases y los parámetros nuevamente calculados hasta que el reagrupamiento en las clases produzca cambios en las medias, los desvíos típicos y distancias estén por debajo del umbral o límite establecido por el usuario. Esta clasificación no supervisada produce agrupamientos naturales de los datos, que deben ser analizados por un usuario con conocimiento integral del tema estudiado, para evaluar el significado de las diferentes clases (Ventura e Irvin, 2000).

3.2.4.3 Atributos de las geoformas

Los atributos son características usadas para la descripción, identificación y clasificación de las geoformas que actúan como indicadores descriptivos y funcionales al momento de operativizar el sistema multicategorico de geoformas (Zinck, 2012). Para esto se requiere 1) seleccionar atributos descriptivos para identificar las geoformas y 2) seleccionar atributos diferenciales para clasificar las geoformas en sus varios niveles del sistema taxonómico.

Zinck (2012) propone cuatro clases de atributos para describir, identificar y clasificar las geoformas en un sistema taxonómico: atributos geomorfológicos, geomorfométricos, geomorfogenéticos y geomorfocronológicos. Los dos primeros, morfológico y morfométricos son esencialmente descriptivos y pueden ser obtenidos por sensores remotos o derivados de MDE, y pueden automatizarse (Hengl, 2003).

Los morfológicos describen la geometría de las geoformas en términos topográficos y planimétricos. Los morfométricos, que pueden ser locales o regionales, aportan las dimensiones de las geoformas y pueden ser definidos y medidos a partir de los MDE, incluyendo pendiente, hipsometría, orientación, exposición visual, insolación, curvatura tangencial, curvatura de perfil, características de cuenca hidrográfica (superficie, altura, pendiente), y rugosidad.

Zinck (2012) considera la contribución de la morfometría digital en la caracterización automática de los atributos morfométricos extraídos del MDE, y que para complementar la descripción de las geoformas con sus características morfométricas, es imprescindible que sea acompañada de observaciones de campo y de la comprensión del origen y evolución del relieve.

3.2.5 Integración de imágenes satelitales en la cartografía de suelo

En la metodología de levantamiento de suelo, una de las etapas consiste en la interpretación de fotografías aéreas y bloques diagramas, para delimitar las unidades cartográficas tentativas. En esta tesis, se van a utilizar las imágenes satelitales para reemplazar a las fotografías aéreas y ampliar la capacidad de interpretación.

3.2.5.1 Teledetección

El término Teledetección se utiliza a partir del año 1960 como traducción del inglés *remote sensing* para describir las observaciones de un objeto efectuado sin mediar contacto físico con él. Se realiza mediante la detección y medida de los cambios que objeto observado induce en su entorno, en forma de radiación electromagnética u ondas acústicas (Pinilla, 1995). Es la captación de datos de la superficie terrestre desde sensores ubicados sobre plataformas en aeronaves y/o plataformas espaciales y su posterior tratamiento. Es una técnica en desarrollo continuo que ha sido suficientemente contrastada como adecuada para su aplicación en diversidad de estudios temáticos. En concreto, la teledetección es una poderosa herramienta auxiliar en campos diversos.

La teledetección de cualquier fenómeno requiere una fuente energética de radiación electromagnética, la intersección de dicha radiación con el objeto a estudiar y un sensor, montados en aeronaves o en plataformas espaciales, que reciba y almacena la radiación reflejada por el objeto. La información recogida por los sensores remotos se ha utilizado durante varias décadas en el estudio de la superficie de la tierra, como un medio de ilustrar y explicar los fenómenos del paisaje.

El uso de las fotografías aéreas se inicia a comienzos del 1900, y se consolida en los años 40, donde diferentes disciplinas reconocían las contribuciones de la fotointerpretación, constituyendo uno de los elementos esenciales como documento de base para la identificación y cartografía de suelo. La fotointerpretación se utiliza para examinar el terreno, e identificar los diferentes componentes naturales y antrópicos del paisaje, obteniendo información para analizar elementos geológicos, cubierta vegetal, infraestructura, etc. Las fotografías aéreas han sido ampliamente utilizadas para el relevamiento de suelo (Goosen, 1961), (Buringh, 1960, 1970). También se ha utilizado las imágenes satelitales, que por su eficiencia y reducción de costo han permitido continuar el relevamiento de suelo con fines exploratorios, para estudiar en una región, áreas con suelos de posible aptitud agropecuaria o para establecer sectores que se deban cartografiar con mayor detalle.

La teledetección con sensores remotos sobre plataformas espaciales, está reconocida como una técnica importante en el estudio de fenómenos ambientales: estadística agraria, exploración minera, temperatura, componentes del agua, determinación de recursos pesqueros, impactos ambientales, predicción meteorológica, estimación de biomasa, etc.

Las imágenes de satélite han sido utilizadas por diversas disciplinas científicas por la gran variedad de información que se extraen de ellas, los datos que son relevante para cada una de ellas en particular: geomorfología, geología, ingeniería, botánica, hidrología, arqueología, etc, y se ha aplicado con bastante éxito en los campos de la Meteorología, Agricultura, Bosques, Cartografía y Planeamiento Urbanístico, Geología, Recursos Hidrográficos, Oceanografía, Recursos Marítimos y Medio Ambiente.

3.2.5.2 Plataformas de teledetección espacial

La tierra es un sistema dinámico que incluye componentes físicos, químicos, biológicos y humanos, interactuando y cambiando en el tiempo y en el espacio. Durante las últimas décadas la actividad humana ha incrementado la magnitud de estos cambios más allá de la variabilidad natural (Vitousek, 1992, Foley *et al.*,2005, Levitus *et al.*,2000, citado por Alonso y Valladares, 2008).

La percepción de los ecosistemas se relaciona con la escala espacial y el tiempo, aunque la noción de la duración depende del fenómeno mismo. Para avanzar en una perspectiva global es importante compartir datos e infraestructura y obtener información detallada de los recursos naturales a escala global (Sanderson *et al.*,2002) citado por Chuvieco y Justice (2008). El uso de tecnología satelital aplicada a la observación de la tierra lo hace posible, y con este propósito, durante las últimas décadas, varias agencias lanzaron satélites que monitorean muchas características de nuestro planeta.

En 1973 se lanzó el Skylab Space Laboratory orientado a la Earth Observation, parte de la misión EREP (Earth Resources Experiment Package) que incluyó un escaner multiespectral, dos sensores de microondas y 2 cámaras fotográficas con 6 bandas y alta resolución para estudios de cobertura, agricultura y mapeo geológico. (Hart *et al.*,1981; NASA, 1977).

Esta iniciativa continuó en los 80s con diferentes misiones de Space Shuttle. Con cámaras de alta resolución (Konecny, 1986). Algunas de estas fotografías se pueden obtener en Global Land Information System (GLIS), el portal de imágenes del U.S. *Geological Survey*, o a través de la NASA *Gateway of Astronaut Photography of Earth*.

El éxito de las fotografías desde el espacio y el uso rutinario de las aerofotografías orientó a concebir una misión orientada a la observación de los recursos naturales Chuvieco y Justice (2008). La misión inicial se llamó Earth Resources Technology Satellite (ERTS) y fue lanzada en 1972. Si nos centramos en el proyecto Landsat, en 1975 se lanza el segundo satélite ERTS, que se renombra con Landsat, el más importante programa que durante años ha suministrado una continua cobertura de nuestro planeta a escala media de resolución. La amplia base de usuarios lamentó la pérdida del Landsat 6 y el fracaso del Landsat 7, aunque a partir de 2013 se lanzó el programa Landsat8 con los sensores OLI y TIRS.

Actualmente hay otros muchos programas que suministran información de la superficie terrestre a distintas resoluciones espaciales y espectrales y entre los que habría que destacar:

- Resolución espacial entre 10 y 100 m (estudio recursos naturales): LANDSAT (1-8), SPOT, IRS-C, DMC. Deimos 1, EARTH OBSERVING-1, RAPIDEYE, THEOS.
- Resolución espacial inferior a 100 m: TERRA-MODIS, NOAA, ENVISAT - MERIS, SEA STAR – SEAWIFS, METEOSAT (plataforma geoestacionaria).
- Resolución espacial superior a 5 m: IKONOS, EROS, QUICBIRD, FORMOSAT, CARTOSAT, ALOS, KOMPSAT, WORLDVIEW, GEOEYE, PLEIADES.

3.2.5.3 Instrumentos de adquisición y registro

La adquisición de datos de la superficie terrestre desde aire y/o desde el espacio aeronave y/o satélite, se realiza en virtud de la interacción electromagnética que existe entre el sensor y el objeto observado, el flujo que procede del objeto por reflexión de la luz solar, por emisión propia o por energía emitida por el propio sensor y reflejada por el objeto (Pinilla, 1995). La posibilidad de adquirir información a distancia se basa entre la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, donde todos los elementos tienen una respuesta espectral propia.

Los datos de los sensores instalados en plataformas espaciales se almacenan en una matriz bidimensional, cada uno de ellos es un elemento de la escena sobre la superficie de la tierra (píxel), que provee información espacial, espectral y temporal. Los datos se captan y almacenan en una imagen en un ordenamiento de píxeles secuencial:

- Las bandas secuenciales (BSQ): Los ND de cada banda se disponen uno a continuación de otro hasta completar la banda. A continuación se dispone la siguiente banda, la siguiente hasta completar la imagen multiespectral.
- Bandas intercaladas por línea (BIL): Se graba una línea por banda, otra línea por banda, hasta completar una línea en todas las bandas. A continuación se graba otra línea con todas las bandas y así hasta terminar.
- Bandas intercaladas por píxel (BIP): Se van sucediendo los píxeles de las distintas bandas, hasta completar todos los píxeles y bandas.

Para identificar e interpretar las características fundamentales de los objetos se pueden estudiar según la organización de los elementos en el espacio (espacial), la naturaleza de la superficie (espectral) y los cambios en el tiempo (temporal), por lo que se debe seleccionar y definir según los siguientes los parámetros:

- Resolución espectral: está determinada por el número de canales espectrales y el ancho de banda de la radiación electromagnética que toma. El sensor OLI del Landsat 8 trabaja de manera multiespectral con 7 bandas (zona visible e infrarrojo cercano y medio), una de nubes y otra pancromática y el TIRS con 2 bandas en el infrarrojo térmico.
- Resolución espacial: determina el objeto más pequeño que se puede distinguir en la imagen o la superficie que toma cada píxel, medido en metros sobre el terreno, depende de la altura del sensor, ángulo de visión, la velocidad de escaneado y las características ópticas del sensor. La plataforma Landsat 8 trabaja con una resolución de 30 metros en modo multiespectral, 15 metros en la banda pancromática y 100 en el infrarrojo térmico.
- Resolución radiométrica: se refiere a la cantidad de niveles discretos en que se divide la radiación recibida para ser almacenada y posteriormente procesada. Ha ido evolucionando desde los 8 bits del sensor MSS (MultiSpectral Scanner) del Landsat 1 a 5, del sensor TM (Thematic Mapper) del Landsat 4 y 5 y del sensor ETM+ del Landsat 7, hasta los 12 bits de los sensores OLI y TIRS del Landsat 8
- Resolución temporal: es la frecuencia de paso del sensor por un mismo punto de la superficie terrestre. El ciclo de repetición de los Landsat 1 a 3 era de 18 días, mientras que en las demás misiones Landsat se redujo a 16 días.

3.2.5.4 Interpretación visual de imágenes satélite

La aplicación al inventario del recurso suelo de los datos suministrados por sensores espaciales (Sombroek y van de Weg, 1980), aunque se indicaban como útiles, no ha sido tan aplicado al estudio de las características y distribución geográfica de los suelos, o se ha limitado a mapas base o a mapas de trabajo de campo, tal vez porque se paralizó el mapeo de suelo en países en desarrollo y en los desarrollados se habían alcanzado sus objetivos de mapeo, produciéndose además un sesgo hacia los métodos

estadísticos (Webster, 1990) y para mejorar la cartografía (Hengl, 2000). No obstante, para el monitoreo del uso y cobertura de suelo, la clasificación de imágenes de satélite es una herramienta indispensable y existe una búsqueda constante por desarrollar y probar alternativas que permitan la obtención de resultados precisos para la toma de decisiones (García Mora y Mas, 2008).

La interpretación visual de imágenes realizada sistemáticamente con el adecuado control de campo y laboratorio tienen gran utilidad en el relevamiento de suelo para vastas áreas aún no mapeadas. Los datos de los sensores remotos se utilizan para la observación, interpretación y la organización de los elementos en el espacio, la naturaleza y los cambios. Se considera un modelo mental abstracto de los sistemas físicos reales, caracterizado por su estado, variables y dinámica, realizándose mediciones directas e indirectas para conocer el estado de los recursos.

Los sistemas reales son abstraídos a sistemas modelos divididos en subsistemas, si se conoce la entrada y la salida se halla la relación entre ambas para el sistema completo. La relación paisaje-suelo en un modelo mental de una determinada zona.

La percepción de los objetos se realiza a través de los sentidos y se descifra la información que éstos envían. Los objetos tienen una respuesta espectral propia, similar a la que presentan otros objetos o superficies de las mismas características u homogeneidad. El especialista de suelo, conociendo que el patrón de la tierra está estrechamente relacionada con el relieve, condiciones de drenaje, la vegetación y otras características las estudiará al realizar el relevamiento o inventario de los suelos. Las diferencias registradas en la imagen de satélite una vez que se han observado y su distribución asignada, por lo general es una cuestión simple para el especialista establecer la naturaleza de la diferencia mediante la observación del terreno.

Para la interpretación visual de imágenes se requiere el conocimiento de las disciplinas propias, con el fin de hacer un uso correcto de las imágenes satelitales y también de las materias auxiliares, como tipo de sensores, ángulos, altitud, arreglos especiales, formas de presentación, corrección radiométrica, realce, georreferenciación, clasificación, impresión, etc.

El sistema de análisis de imágenes satélite debe ser realizado por especialistas en ciencias del suelo, conservación de suelo o clasificación de paisajes, para reconocer distintos tipos de paisaje, planificar el estudio de suelo a campo y en el laboratorio, para los propósitos y escala buscados y para aplicar los principios similares a los utilizados en la interpretación de fotografía aérea, fotogeología o fotogeomorfología.

La interpretación visual de imágenes antes y durante el trabajo de campo es ventajosa porque previo al mismo se dispone de un mapa interpretativo, se conocen mejor las condiciones físicas, se determina el itinerario, se seleccionan los puntos más favorables para el progreso del chequeo de campo y el estudio de los suelos. La delimitación de las unidades es más rápido, eficiente, exacto, a menor costo y se puede destinar mayor tiempo a estudios de génesis o morfología.

Para el reconocimiento de suelo a escala de detalle, con la interpretación visual de imágenes se prepara un mapa interpretativo donde se indica los puntos de observación, los símbolos de las unidades y los límites. Se examina el perfil de campo y las muestras en el laboratorio para determinar las características físicas, químicas y biológicas, y luego se organiza en unidades de suelo de acuerdo a un sistema de clasificación, seguida del ajuste definitivo de los límites y las unidades denominadas como asociación de suelos y/o como forma del terreno.

Para los mapas a escala general, exploratorio o de reconocimiento, por medio de la interpretación visual de imágenes se prepara un mapa interpretativo, con las unidades delimitadas y denominada de acuerdo a elementos fisiográficos como paisaje-modelado-geoforma, y con la composición de suelos de cada unidad. La clasificación del paisaje y la leyenda se preparan con un grado de detalle apropiado y comparable con el detalle de la clasificación de suelos, de manera que ambos aspectos queden bien balanceados.

3.2.5.5 Principios generales de interpretación

En la interpretación visual de imágenes los criterios a aplicar son análogos a los de la fotointerpretación, aunque con las particulares diferencias, proveen un eficiente medio para ilustrar y explicar los fenómenos del paisaje, a un costo ventajoso en análisis regionales a escalas pequeñas. Se utilizan las características de textura, estructura, enlazamiento, disposición de los elementos. No se ven las imágenes como figuras sino como reflexión de una gran variedad de fenómenos naturales de compleja relación, de las cuales se deduce la información que se requiere.

Las diferencias que existen en el terreno son registradas en las imágenes. Las diferencias en el terreno pueden observarse y mapearse a campo pero es lento, laborioso y se realiza con un alto costo. Cuando las diferencias se han analizado a través de imágenes satelitales y su distribución mapeado con interpretación visual de imágenes es generalmente simple establecer a campo la naturaleza exacta de esas diferencias. La utilización de imágenes satelitales aún a escalas menores puede dar una solución en tiempo y esfuerzo aceptable para llegar a un buen resultado con menor trabajo de campo.

En la interpretación visual de imágenes, cada especialista identificará los rasgos buscados: el geomorfólogo identifica rasgos de cauces abandonados, pantanos, el pie de conos, el geólogo las cadenas montañosas, el ingeniero las condiciones del terreno, el hidrólogo los cuerpos de agua, relacionados al río principal, el científico de suelo estudiara el relieve, las condiciones de drenaje, vegetación y otros rasgos para construir el inventario de suelo.

La interpretación visual de imágenes es empleada por varias disciplinas científicas y extraen información que es relevante en su estudio particular, pero se debe conocer los otros objetos de otras disciplinas que estarán representados en la imagen. Conocer su significado y determinar si es relevante. El método se basa en la identificación de objetos y en la sistemática interpretación deductiva, que requiere en forma imprescindible un adecuado control a campo.

La obtención del máximo rendimiento al uso de las imágenes, requiere que el especialista conozca las técnicas auxiliares como: cámaras y sensores aerotransportados o en plataformas espaciales, tipos de registradores de datos, rectificación, rectificación con proyección central y puntos de control para referenciar, como se entregan datos con correcciones, como se pueden ubicar los objetos, instrumentos, etc.

En la interpretación visual de imágenes no hay una escala determinada, es decir se puede disminuir o agrandar pero está limitada por la resolución espacial de las imágenes utilizadas, si se quiere ver arboles es grande, el geólogo prefiere una escala pequeña para ver grandes áreas y el reconocedor de suelo prefiere una escala intermedia. La elección de escala de trabajo, determina por tanto la resolución espacial de las imágenes satélite que se van a utilizar. Esta elección depende de varias circunstancias, si es una escala muy grande se necesitaran imágenes de alta resolución espacial y serán numerosas escenas para procesar; y en el caso de escala pequeñas se pierden detalles. En reconocimiento de suelo se utiliza una escala intermedia, aunque siempre la escala del trabajo final publicado es menor que con la que se trabajó. Una de las ventajas de la interpretación visual de imágenes es la posibilidad de obtener una escala múltiple, utilizándose la intermedia para reconocimiento de suelo, pudiéndose ampliar hasta cierta extensión para ver detalles de los rasgos fisiográficos.

La extracción de información de las imágenes satelitales se basa en la interpretación visual para cobertura y mapeo de suelo (mapeo topográfico con imágenes analógicas), y en procesamientos semiautomáticos con ordenadores, para la obtención de MDE, clasificación digital, cálculo de parámetros de terreno. La habilidad de relacionar colores y patrones con los rasgos reales de la tierra es la base de la interpretación visual de imágenes, efectuada tanto directamente en el monitor como sobre en copias en papel.

La interpretación visual de imágenes es un proceso extremadamente complejo, no es fácil, ni simple de realizar, se requiere entrenamiento y conocimiento profundo de la especialidad. La dificultad se comprueba cuando uno trata de hacer que un ordenador haga la interpretación de la imagen.

Los resultados de la interpretación visual de imágenes se comunican a través de mapas que contengan los rasgos observados. Estos se pueden digitalizar en pantalla o en una mesa de digitalización desde copias en papel.

La utilización de una banda o la combinación de bandas pueden ser más útiles que las clasificadas para obtener la cartografía de suelos. García Rodríguez y Pérez González (2010) señalan que para la cartografía de suelos salinos las combinaciones de bandas, para Landsat 7, más útiles son (5-3-1), (2-1-7), (3-1-7), y la obtenida mediante el análisis factorial en componentes principales. Los mejores resultados son con la banda 1 y con la 2, y no las obtenidas con el NDVI que sólo serían útiles indirectamente para observar la pérdida de cobertura vegetal.

3.2.5.6 Criterios de interpretación

El análisis visual o la interpretación visual de imagen se usa para producir data geoespacial: mapeo urbano, suelo, geomorfológico, vegetación natural, catastro, uso y otros, es una aplicación específica de aplicación común. La principal ventaja de la interpretación visual es la posibilidad de incorporar al análisis criterios más complejos, incluso en ocasiones abstractos, que a veces, escapan de las posibilidades del análisis digital. García Rodríguez y Pérez González (2010) observan no es sencillo establecer una relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos y sus curvas espectrales, ya que son muchos los factores que lo determinan.

La explicación del reconocimiento de los rasgos y objetos en una imagen, se basa en los procesos que utiliza la visión humana, ya que además de la percepción del color tiene la habilidad de obtener conclusiones a partir de la observación visual, en un modo directo de reconocimiento espontáneo mediante un proceso de razonamiento inferencia lógica. En una imagen se identifica un objeto o rasgo a primera vista, se reconocen porque se conocen, por ejemplo meandros, canales, etc. y en la inferencia lógica se aplica un razonamiento, en la cual es imprescindible el conocimiento del tema y la experiencia.

El proceso una banda o la combinación de bandas se realizan en tres pasos: i) análisis de las imágenes: identificación directa de objetos visibles sin considerar otros elementos; ii) análisis de la composición de imagen: en base al criterio de que los objetos pertenecen a grupos más amplios; iii) interpretación: por medio de análisis sistemáticos y metódicos, se realizan pruebas y comparaciones con datos de campo para deducir los elementos no visibles en la imagen, es decir se buscan las relaciones en el entorno con el objeto a explicar.

3.2.5.7 Elementos de interpretación

Para interpretar una imagen se usan “elementos de interpretación” a partir de los cuales se definen “claves de interpretación” que nos podrán guiar para reconocer ciertos objetos. Estos elementos son: tono, textura, padrón, forma, tamaño, elevación, y entorno.

- **Tono:** Está determinado por las variaciones de tono con respecto al medio que los rodea permite identificar y separarlos del medio que los rodea. Pinilla (1995) se refiere a la percepción diferencial de las distintas longitudes de onda del espectro visible, a la relativa brillante en una imagen blanca o negra y el matiz al color en el IHS.

El tono de los objetos se produce por la cantidad diferente de radiación electromagnética que refleja o emite la superficie de las rocas, suelo, vegetación, etc. La variación en el matiz, tiene que ver con el objeto y las bandas del sensor. El matiz tiene una sensibilidad de 10.000 colores mientras que el tono de 200 niveles de gris. La combinación de bandas más adecuada es la que proporcione mayor cantidad de información, algunas composiciones especialmente adecuadas son: 4-5-3 (vegetación), 4-7-5 (zonas forestales quemadas), 7-4-3 (cultivos regados o zonas húmedas), 5/7-4/7-2/4 (estudios geológicos), y 7-3-1 (oceanográficos) para imágenes Landsat.

-**Textura:** es la disposición que tienen entre sí las partículas de un cuerpo, la frecuencia de cambio y disposición de valores de gris, originados por la agrupación de objetos cuya diferencia de valor no es suficiente para ser discriminarlos como

individuales. Tiene relación con la resolución espacial del sensor, que capta la falta de uniformidad hasta cierto nivel de separación de los objetos que la producen.

Se relaciona con la frecuencia del cambio de tono, se describe como gruesa fina, suave gruesa, par o impar, moteada dispersa, granular, linear, esponjosa, etc. Tiene que ver con la rugosidad del terreno.

-Patrón: es la organización espacial de los objetos e implica la repetición característica de ciertas formas o relaciones. Se describe en términos de concéntrico, anastomosado, radial, etc. Este arreglo de elementos es particular y se observa fácilmente desde el espacio por ejemplo el sistema hidrológico, de erosión, etc.

-Forma: es la silueta del objeto contribuye a identificarlos, son irregulares normalmente los naturales y regulares los antrópicos como caminos, líneas férreas, etc.

-Tamaño: se puede considerar en forma absoluto o relativa, interviene en las comparaciones con otros objetos.

-Altura: diferencias de altura de elevaciones ayudan a definir las geoformas, mediante apreciación de sombras.

-Entorno: es el medio o la asociación que rodea al objeto creando un fondo con una textura o patrón diferente a la del objeto en cuestión, se refiere a la situación en el terreno respecto a los alrededores.

3.2.5.8 Interpretación

Los siete elementos de interpretación permiten determinar la relación del rasgo con el tono y la textura por pixel, mientras que el resto se relaciona a objetos o combinación de objetos. El uso simultaneo e implícito de todos los elementos es la fortaleza de la interpretación visual de imágenes, mientras que en clasificación digital de imágenes solo el matiz es utilizado, lo que explica por ahora la limitación de los métodos automáticos frente a la interpretación visual de imágenes.

El mapeo, a partir de datos de sensores remotos, de áreas que parecen homogéneas en la imagen lo son también en el terreno. El proceso de interpretación consiste en delinear áreas que internamente parecen similares y que difieren de otras.

Si no se conoce el terreno se puede comenzar con un recorrido general del área y con la interpretación de elementos y aplicar la sugerencia de Gil Docampo *et al.*,(2002) que dice que la composición en color real de bandas de imágenes satélite como fondo de referencia permite al usuario una visión más clara de la región cartografiada y hacer una selección más específica. Se tiene la vista de toda el área y se puede comparar una zona con otra y decidir si son iguales. La definición de la unidad se basa en lo observado en la imagen, y según los elementos considerados, las unidades de interpretación serán diferentes. Cuando se definen los rasgos o características en el terreno se hace la clave de interpretación. García Rodríguez y Muñoz León (1998), señalan que evidentemente los datos espectrales reflejan el horizonte superficial pero teniendo en cuenta que el substrato influye.

El trabajo de campo posterior es imprescindible y permitirá posteriormente identificar que representan las unidades de mapeo. Para la denominación de estas unidades delimitadas se hace una leyenda construida y basada en la interpretación de elementos. Puede ser en forma de tabla, donde cada elemento se representa por una columna. Este proceso es metódico e iterativo y con las imágenes seleccionadas con diferente resolución espectral, espacial y temporal.

García Rodríguez y Perez González (2010) indican que en la interpretación visual de imágenes satelitales, la diferenciación de los suelos salinos resulta compleja, porque no siempre se reflejan en la superficie excepto en aquellas superficies con eflorescencias de amplia extensión, así mismo indican que la cartografía de suelo mediante imágenes satélites es más idónea en regiones áridas y semiáridas, porque las propiedades son más fácilmente identificables: color, materia orgánica, contenido en hierro, textura, humedad, salinidad, composición mineralógica, temperatura, grado de erosión y profundidad de los suelos.

3.3 Métodos cartográficos de suelo

La cartografía de suelo es un campo muy activo, íntimamente relacionado con la evolución de las ciencias y los cambios tecnológicos a lo largo de la historia, que fueron marcando la evolución de los distintos contenidos teóricos y procesos para mejorar la precisión cartográfica o para facilitar el levantamiento de la información.

Una unidad cartográfica y la unidad taxonómica, que es una abstracción, sirve para comprender los elementos del paisaje que se encuentran en una porción de la superficie terrestre posible de ser representadas en un mapa, y en un número tan grande que sería imposible estudiarlas una a una, como los componentes de suelo en dicha unidad.

Los métodos cartográficos son diversos aunque siguen pasos comunes como delimitar, caracterizar y obtener la cartografía, y según Domingo Santos (2002), se pueden separar en dos líneas metodológicas principales diferenciadas, en base al uso o no de una división previa del territorio dando lugar a: la cartografía sin estratificación inicial y la cartografía estratificada.

3.3.1 Métodos cartográficos sin estratificación inicial

En la cartografía sin estratificación, se trabaja con los datos en formato continuo y se realizan operaciones de cálculos directamente, según Domingo Santos (2002) se puede realizar con diferentes técnicas:

- 1) muestreo sistemático, que consiste en establecer los puntos de control en una malla cuadrada, con la desventaja de la rigidez del muestreo y alto costo. Las bondades son la objetividad de los datos y la posibilidad de la modelación cualitativa y cuantitativa. En cartografía de suelo se había usado antes de la incorporación sistemática de la fotointerpretación en la metodología del levantamiento de suelo.

- 2) técnicas geoestadísticas: se debe determinar el grado de variación espacial de una determinada característica cuantitativa del suelo.
- 3) técnicas remotas: observación y clasificación del territorio en base a sensores remotos. Han sido poco aplicadas para la cartografía directa de suelos, aunque el uso del radar de penetración del suelo, será de gran utilidad futura para la delimitación de unidades

3.3.2 Métodos cartográficos con estratificación

La estratificación consiste en la delimitación de las áreas con similares características en la relación paisaje-suelo, y a partir de estas unidades se realiza el muestreo y la descripción de los perfiles que caracterizan las unidades (Domingo Santos, 2002)

El método de cartografía de suelos con estratificación, aprovecha los conocimientos existentes de orden climático, geológico, geomorfológico, fitogeográfico, etc. y a partir de éstos, de la observación, estudio e interpretación establece las unidades (Etchevehere, 1976; Dijkerman, 1981) en las cuales se realizará la descripción de los perfiles de suelo en sitios pre-seleccionados según diferentes métodos y criterios, que permitirán caracterizarlas y revisar sus límites.

3.3.2.1 Información base para la estratificación

Las unidades cartográficas clasificadas, según el grado de homogeneidad de los suelos que las integran serán, según Domingo Santos (2002):

i) Unidades cartográficas generalizadas: grandes grupos o subgrupos de suelo en unidades fisiográficas. Los mapas tienen la escala más pequeña con que pueden cubrir toda el área de estudio, entre 1:1.000.000 a 1:500.000 (Etchevehere, 1976; USDA 1951, 1993, 2002). En este caso los perfiles de suelos deben ser directamente descriptos y analizados en el campo, los sitios pre-elegidos con o sin apoyo sensores, muy distanciados entre sí, pero con la totalidad del área reconocida. Los resultados mejoran cuando la calidad de las aerofotos o imágenes satélite aumenta (Etchevehere, 1976).

Esta cartografía es útil para realizar un inventario rápido acerca de las posibilidades, de regiones extensas de difícil accesibilidad, alejadas de la base de trabajo, de escaso desarrollo agropecuario y con urgencia de información. Su ventaja es el menor costo y rapidez, su desventaja la inseguridad de los límites, la pobre leyenda y la escasa información a nivel de finca.

ii) *Unidades cartográficas de asociaciones y/o complejos*: Se agrupan grupos de suelos con distintos niveles de diferenciación según que la escala sea 1:500.000 a 1:50.000. Corresponde a un levantamiento de reconocimiento y/o semi-detallado.

iii) *Unidades cartográficas de series*: Se agrupan suelos con similitud de propiedades aunque con bastante variación, correspondiente a un levantamiento detallado con mapas a escalas desde 1:50.000 a mayores, contienen fases de suelo para establecer diferencias de manejo.

Por su parte Young (1976) establece que existe una jerarquía de mapas y levantamientos de suelos a diferentes escalas, cada uno de ellos con diferentes propósitos, en los que se emplean distintos métodos e intensidades de muestreo: compilación, reconocimiento, semidetallado y detallado:

Las *Compilaciones* son mapas esquemáticos basados en abstracciones de otros levantamientos, sin el estudio directo de perfiles de suelo en el campo (Etchevehere, 1976). La escala es de 1:1.000.000 o menores. Zonneveld (1969) considera que estos mapas multidisciplinarios o de levantamientos integrados, están definidos en términos de caracteres del paisaje fisiográfico y los elementos componentes,

Los *mapas de reconocimiento* realizados a escalas 1:500.000 a 1:100.000, con fines de tener información orientativa en regiones de escaso desarrollo, se pueden agrupar en dos niveles de interpretación: 1) unidades cartográficas como asociaciones y/o complejos y 2) unidades cartográficas de los taxones individuales.

Zinck (2012, 2013) considera que el levantamiento de suelo con un enfoque geopedológico posibilita una integración de las unidades cartográficas definidas en términos de caracteres de paisaje compuesto en su interior por consociaciones, asociaciones y/o complejos de suelos.

3.3.2.2 Procedimientos y criterios para la estratificación

Los tres procedimientos para la estratificación según el tipo de variables que se utilizan para zonificar, Domingo Santos (2002), son:

- *Cartografía razonada*, en la cual se eligen las variables ecológicas y de paisaje, que proporcionan un mayor grado de discriminación.
- *Geomorfoedáfología*, con una base más reducida de sólo factores como litología y relieve.
- *Fitoecología*, donde la vegetación es indicadora principal de las condiciones edáficas.

El relieve y las cartas topográficas, se utilizan también para zonificar el paisaje, con dos métodos: i) *sintéticos*: integrando en unidades homogéneas, de forma implícita una sola característica geomorfológica como altitud, pendiente, etc., y ii) *analíticos o paramétricos*: caracterizando el territorio según los valores de más de una variable.

3.3.2.3 Metodologías de identificación de las unidades cartográficas de suelo

La combinación de los métodos, los procedimientos cartográficos y los métodos de análisis del relieve, permiten delimitar las unidades de mapeo según 3 metodologías: Caracterización ecológica, Unidades geo-morfoedáficas y Unidades de paisaje.

-Caracterización ecológica: La delimitación de las unidades cartográficas se realiza considerando, del conjunto de variables del ambiente, sobre todo los parámetros con el mayor grado de discriminación y más relacionados con la variación de suelos. Se combinan y superponen los mapas de los parámetros ecológicos bióticos o abióticos seleccionados para delinear las unidades, obtenidas también mediante observación de campo y fotointerpretación para caracterizar los suelos para cada unidad.

Esta metodología se recomienda cuando puede ser realizado con conocimiento de las ciencias del suelo, de las técnicas y herramientas de relevamiento de suelo y de las normas de cartografía.

-Unidades geomorfoedáficas: La delimitación de unidades se realiza considerando especialmente la litología, el relieve y la morfogénesis. Se obtienen un número de unidades más grande que puede ser excesiva, al momento de explicar situaciones irregulares en la distribución de suelos.

-Unidades de paisaje: La delimitación de las Unidades de Paisaje se realiza integrando las características litológicas, formas, red hidrográfica, suelo, vegetación y uso humano, en un enfoque sintético de zonificación territorial. Se subdividen en modelado y geoformas, y resultan de la interpretación de aerofotografía o imágenes satélite, de la vegetación, del conjunto del relieve y de los tipos de morfogénesis.

Esta metodología, consiste en el estudio de los suelos asociados en las unidades de paisaje con los restantes elementos del medio, con una visión global, sintética y geográfica, que permita comprender las relaciones entre las distintas unidades de suelo, Dictum “Soils are landscapes as well as profiles” (Suelos son paisajes así como perfiles) (Buringh, 1960).

Zinck (2012, 2013) considera que las unidades de paisaje delimitadas, son los marcos cartográficos y genéticos en el mapeo de suelos e interpretación de la formación de suelos, sirven de base para los muestreos en el campo y en la determinación de los componentes taxonómicos en cada unidad.

La metodología de levantamiento de suelos con enfoque geopedológico desarrollada por Zinck (2012, 2013), requiere un adecuado conocimiento de los factores formadores de suelo, de la geología, de la geomorfología, etc. y consiste en delimitar las unidades de paisajes con el uso de las herramientas y técnicas como imágenes satélite, modelos de digitales de elevación, sistemas de posicionamiento global, programas generales y específicos referidos al espacio, contribuyendo al avance en la clasificación de las unidades de paisaje-suelo.

El análisis fisiográfico de las imágenes satélite de diferentes fechas, la clasificación no supervisada de las más antiguas y el modelo digital de elevación, resulta útil para delinear las unidades de mapeo de la relación suelo/paisaje y establecer una taxonomía jerárquica de las geo-formas.

El abordaje de los estudios de suelo conviene enfocarlos: en proyectos con el análisis de los procesos de suelos integrados en el contexto del paisaje, desde tácito y descriptivo a lo cuantitativo que facilita y estimula los trabajos disciplinarios e interdisciplinario a diferentes niveles de conocimientos, considerando no sólo las genoformas sino también las fenoformas (Bouma, 2006).

Según Bekunda (2006), los suelos son muy variados en función de los atributos ecológicos y geomorfológicos, y no han sido cartografiados a escalas que permitan intervenciones basadas en la diversidad, realizando experimentos en condiciones no ideales en sitios de campo, con resultados que representen la incertidumbre.

Los fundamentos y consideraciones en la aplicación de la metodología de identificación de las Unidades de Paisaje, son los siguientes:

a) Los suelos forman parte del paisaje, y como porción tridimensional del mismo tiene ancho, largo y profundidad, son dinámicos y evolucionan conjuntamente con él de modo permanente; en cambio el perfil de suelo ocupa un punto de la superficie terrestre.

b) El suelo, como porción tridimensional, posee una combinación de caracteres tanto internos como externos, con cierta variación y como no se puede estudiar con ese continuo, fue necesario reconocer los “individuos-suelos” y clasificarlos en unidades taxonómicas, a fin de poder visualizarlos y organizar el conocimiento, recordarlos y relacionarlos entre sí (Etchevehere, 1976).

Este individuo-suelo tiene un rango modal de caracteres, fijados por cierta lógica, criterio o sistema de clasificación, con la superficie como límite superior y el inferior donde terminan los procesos edáficos y los límites laterales son los otros suelos, con cambios importantes en las características. Los individuos-suelo, no son entidades

separadas en el paisaje, estableciéndose de un modo arbitrario los límites que determinan el área de cada uno de ellos, donde se les estudiará para caracterizar los horizontes a los fines de su clasificación.

El área o volumen mínimo que puede ser un individuo-suelo y por lo tanto una unidad de muestreo, se denomina “pedón” (del griego Pedon, terreno o piso). Pero que sin embargo cuando se clasifica un suelo, no se hace referencia a un solo individuo-suelo, sino que consiste en dos o más pedones que se agrupan por su similitud y constituyen un “polipedon”, que por tanto es un trozo del paisaje que se clasifica, que se puede cartografiar, que agrupa suelos similares o no, pero que puede clasificarse de acuerdo a rasgos diagnósticos y se diferencia de sus vecinos de acuerdo a esos rasgos.

El polipedon es una unidad de Paisaje, en una escala detallada, y en esa porción de paisaje en su interior son una agrupación de pedones similares entre sí en cuanto a horizontes y características asociadas.

Los límites de los polipedones o unidades de paisaje, se realizan con interpretación visual de imágenes satélite y mapas derivados de datos topográficos, a veces son simples de visualizar como una escarpa, una depresión lacustre, y otras veces son más complejos pero la interpretación visual ayuda a identificar y delinear las unidades de la relación paisaje-suelo (Zinck, 2012).

Los límites de las unidades cartográficas son más claros cuando corresponden a cambios geológicos y/o a discontinuidades topográficas, los graduales están localizados en áreas de depósitos aluviales o coluviales (Lagacherie *et al.*, 1995, citado por Domingo Santos, 2002; Lagacherie y McBratney, 2007).

Se comparan los grupos de características diagnóstico, incluyendo los aspectos del paisaje. El conjunto de características es la base de la clasificación de los suelos, para ubicar un suelo dentro de un sistema de clasificación, o comprender las relaciones de dos suelos entre si dentro del sistema.

En los métodos de relevamiento se puede comprender la cercana relación entre lo cartográfico y lo taxonómico, ya que se aprovecha el concepto de que en las unidades paisaje-suelo, los polipedones, son la base para crear unidades taxonómicas.

Un mapa de suelos se elabora con el fin de señalar la distribución geográfica de los distintos tipos de individuo-suelo agrupados en un polipedon, de acuerdo con sus características propias y en relación con los rasgos físicos y culturales de la superficie terrestre. Las unidades de paisaje, polipedones, se pueden señalar separadamente o asociadas, según la escala de trabajo y se pueden designar con el nombre de paisaje-modelado-geoforma y en la leyenda definida también en términos de unidades taxonómicas de suelo.

Una vez determinadas las relaciones entre las unidades de paisaje, los suelos se deben identificar en el paisaje, mediante la apreciación de los cambios que ocurren en uno o más de los factores genéticos. Las calicatas o pozos de observación se necesitan para conocer el perfil de suelo correspondiente a cada paisaje. Las unidades se identifican mediante observaciones de campo, de gabinete y de laboratorio. Las propiedades físicas, químicas, biológicas y mineralógicas de los horizontes del suelo y la naturaleza del material original se estudian en exámenes de campo y de laboratorio; los límites o rasgos de los paisajes, se ajustan mediante observación e interpretación de aerofotos e imágenes satelitales.

Un mapa de suelos muestra la combinación de los rasgos que constituyen integralmente el fundamento de las unidades geopedológicas o unidades de paisajes, en las que se distingue: paisaje-modelado-geoformas y la taxonómica de suelos del sistema natural de clasificación e incluye una memoria o informe explicativo, donde se describen los rasgos naturales y culturales del área relevada, las características, capacidad de uso, normas de manejo etc. para cada unidad de suelo.

3.3.2.4 Métodos de caracterización de los suelos en las unidades cartográficas

Cuando se han determinado los límites tentativos de las unidades cartográficas, se deben estudiar los componentes edáficos. El muestreo puede ser realizado por tres métodos: i) sistemático, ii) geoestadístico, y iii) razonado o libre (Domingo Santos 2002).

- **Muestreo sistemático:** Los sitios están regularmente espaciados sobre los vértices de una cuadrícula del área previamente elaborada con la finalidad, de mapeos de gran escala y detalle (Califra 2010).
- **Muestreo geoestadístico:** El fundamento es la determinación del grado de variación espacial de una característica, comprobar que la diferencia entre dos valores de una variable es menor mientras más cercanos se encuentren los puntos. Cuando el variograma se hace horizontal, esa es la distancia a partir de la cual los valores son independientes, se puede hacer a la interpolación entre puntos conocidos, para determinar el valor entre puntos desconocidos. Myers (1994); Hutchinson y Gessler (1994) y Odeh *et al.*(1994) citados por Domingo Santos, (2002) señalan que se pueden utilizar técnicas de geoestadísticas como cokriging útil para incorporar variables auxiliares que mejoren la estimación; aunque los variogramas no se adaptan bien a cambios cualitativos como saltos litológicos.
- **Muestreo razonado:** Los sitios de observación no están regularmente espaciados sino que son seleccionados como representativos de áreas identificadas en la interpretación de aerofotografías o imágenes, adicionalmente se revisan otros sitios de acuerdo al patrón de distribución de suelos (Califra, 2010). Se localizan en zonas que presentan las condiciones medias de la unidad cartográfica y el punto de observación se determina lo más azar posible.

El muestreo razonado se puede realizar por punto fijo, catenas o sectores de referencia, según las características del terreno y detalle de la cartografía que se establezca, siendo compatibles entre ellos.

Punto fijo: Los muestreos se localizan en lo que se considera la media de la unidad cartográfica. y son útiles para tener un inventario rápido de las posibilidades en regiones aisladas o con urgencia de información. Su principal ventaja son el menor costo y tiempo empleado para orientar la planificación regional.

Los datos de suelo deben ser establecidos por el estudio directo de los perfiles en el campo, elegidos con o sin apoyo sensores, de perfiles representativos, muy distanciados entre sí, pero directamente descriptos y analizados. Todo el área debe ser barrida y los resultados mejoran cuando la calidad de los fotomosaicos o de las imágenes satélite aumenta (Etchevehere, 1976).

Catenas: Los muestreos se localizan sobre una misma línea en una ladera, desde la divisoria de agua al centro del cauce y desde el material parental a la superficie del suelo. El proceso erosivo origina un escalonamiento de suelos desde la cima a la parte inferior con propiedades relacionadas a las diferentes posiciones ocupadas. El número de perfiles está en función del largo de la pendiente y del grado de variación.

Sectores de referencia o áreas muestra: Este sistema consiste en identificar pequeñas regiones naturales con similar patrón de distribución de la geología, la topografía y los suelos, y posteriormente en “áreas representativas” se establecen las clases de suelos identificándolas en el sector de referencia con un control in situ u otra comprobación.

En los mapas de reconocimiento convencional, el procedimiento de este método puede ser de dos tipos:

- 1) Interpolación: que consiste en fotointerpretación y chequeos, pero sólo en algunos sectores del área, mientras que el resto se deduce por fotointerpretación e interpolaciones sobre la base de comparaciones con los sectores estudiados con más intensidad.

2) Extrapolación: donde los sectores de referencia estudiados dan la base para deducir información hacia afuera, sin poder interpolar entre sectores vecinos (Vink, 1963, 1967, 1968; Etchevehre, 1976).

Las ventajas del uso de sectores de referencia, ideado para producir cartografía a escalas generalizadas a escalas menores y también utilizados en geoestadística (Voltz *et al.*, 1997; Lagacherie y Voltz, 2000, citados por Domingo, 2002) y son: i) se puede establecer criterios generales de clasificación del resto de los suelos aplicables por otros, ii) posibilita que en actuaciones puntuales se puedan clasificar los suelos con aceptable precisión según la complejidad de territorio iii) costo reducido al hacerse por pequeñas partes.

3.3.2.5 Procedimiento para la obtención de cartografía y leyenda general de suelo

El procedimiento práctico general de la metodología convencional, si bien hay pequeñas diferencias entre autores, comprende la recopilación de antecedentes y fotografías aéreas, reconocimiento general del área, fotointerpretación preliminar y definición tentativa de las unidades de mapeo, descripción de los perfiles, muestreo de los perfiles más representativos, análisis físico-químicos, determinación del rango de suelos para cada una de las unidades delimitadas, clasificación taxonómica, ajuste definitivo de la fotointerpretación final, mapa básico de suelos, leyenda definitiva y memoria.

Etchevehere (1976) describe que para el relevamiento de suelo basado en fotointerpretación y chequeos de campo se requieren los siguientes pasos: 1) Trabajos preliminares. 2) Trabajos de foto-análisis y fotointerpretación de los mosaicos aéreos y las aerofotografías del área utilizando los elementos de juicio de observación directa y las deducciones acerca de las condiciones de los suelos. 3) Trabajos de examen a campo de pedones en cada una de las unidades delimitadas y establecimiento de la leyenda de los suelos, durante los distintos chequeos en forma progresiva. 4) Trabajos de determinación del mapa y de su informe correspondiente y trabajos de interpretación del mapa de suelos.

Por su parte Domingo Santos (2002) indica que el procedimiento se realiza en las siguientes fases: a) Recopilación de datos existente; b) Estudios preliminares de campo y estratificaciones iniciales; c) Propuesta de una leyenda inicial del mapa; d) Muestreo y cartografía de unidades en campo; e) Establecimiento de relaciones y corrección de unidades cartográficas; f) Iteración de los pasos d) y e) incorporando información de forma progresiva, hasta finalizar el trabajo de campo, lograr la precisión adecuada y completar la leyenda del mapa; g) Correlación final y redacción de la memoria; f) Mapa y leyenda definitiva.

Los estudios preliminares, la propuesta de una leyenda inicial del mapa y el muestreo y cartografía de unidades en campo, estableciendo las relaciones y correcciones de las unidades de mapeo, corresponden al establecimiento de la relación paisaje-suelo.

En el paso d), cuando se ha muestreado las unidades cartográficas más representativas, se procede a su caracterización, se puede realizar nuevas divisiones o agrupaciones para mejorar la calidad de la información, pudiéndose considerar una relación conveniente entre escala y densidad de muestreo para que el mapa de suelo tenga veracidad y sea útil a la escala en que fue elaborado, por lo tanto la escala del mapa será mayor que la de la cartografía de trabajo y corresponde a la densidad de la información levantada.

En cartografía de suelos, la menor unidad sobre el mapa corresponde según Dijkerman (1981), a cualquier y a todas las escalas, a un cm^2 de mapa en papel indeformable, y debe tener al menos $\frac{1}{2}$ obs/ cm^2 realizada en el terreno efectiva o inferida, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Obs/S} = 1. E^2 \cdot 10^2 \text{ observaciones/ha}$$

Donde:

Obs = n° total de observaciones a realizar

E = cociente de escala (ej=1/500.000)

S = superficie a cartografiar por ha

Algunos consideran que la menor unidad sobre el mapa puede ser de $0,25 \text{ cm}^2$ y la densidad de muestreo debería ser de 4 muestreos/cm^2 , que llevada al terreno da un número de observaciones que varía con la escala (Porta *et al.*, 1994), (Domingo Santos, 2002) de acuerdo a la una expresión similar a la anterior.

El número de observaciones se puede disminuir si se dispone de mapas geológicos, geomorfológicos, fotos aéreas, imágenes satelitales, experiencia del cartógrafo o cuando hay cierta regularidad de respuestas características del suelo ante las diferentes condiciones del paisaje.

En el paso e), se observa la frecuencia que muestre la importancia relativa de cada grupo de suelos en la zona de estudio y se producen agrupamiento entre los perfiles y en el f) a partir de la observación y experiencia del cartógrafo se analizan las características que mejor se correlacionan con los tipos de suelo, asignando a cada unidad cartográfica definitiva: el suelo o los tipos de suelos principales y los ocasionales.

Respecto a la leyenda, esta puede ser: i) Leyenda taxonómica: Se utilizan las taxonomías de las clasificaciones de suelos estándar y los porcentajes que ocupa cada suelo o ii) Leyenda explícita: Se presentan los caracteres del paisaje y de los grupos taxonómicos o una combinación de estos elementos. Se aplica muy bien en escala pequeñas a medias y es accesible a no especialistas para planificación y gestión (Zink, 2012).

Por último el documento cartográfico es conveniente que contenga los siguientes elementos:

- **Título:** Título del documento o serie.
- **Resumen:** Texto descriptivo del documento o serie y los aspectos principales que se estime conveniente comunicar.
- **Temática:** Tema o temática propia del conjunto de datos o serie.
- **Áreas de aplicación:** Áreas de aplicación o temáticas en las que el documento o serie puede servir de soporte con resultados satisfactorios.

- **Cubrimiento geográfico:** Área geográfica conocida (departamento, ejido, otra) para la fácil y rápida ubicación del documento o serie.
- **Coordenadas extremas:** Coordenadas geográficas WGS 84 de los límites del documento (no aplicable a series).
- **Escala:** Escala del documento.
- **Contenido:** Breve descripción del contenido presente en el documento o documentos de la serie.
- **Sistema de referencia:** Datum.
- **Sistema de coordenadas:** Geográficas o proyección cartográfica y parámetros particulares utilizados.
- **Unidad de las coordenadas:** Grados decimales, metros, otras.
- **Proceso de desarrollo:** Proceso mediante el cual el documento ha sido elaborado (restitución, levantamiento topográfico, compilación, impresión de datos digitales - indicar Título-, otros). Para series, este dato aparece en la tabla de atributos del SHP.
- **Fecha de desarrollo:** Mes y año. Para series, este dato aparece en la tabla de atributos del SHP.
- **Responsable, propietario o distribuidor:** Nombre del organismo o institución responsable, propietaria o distribuidora del documento.
- **Contacto personal:** Nombre de una persona y/o área dentro del organismo o institución antes mencionada responsable de la meta data.
- **Datos para contacto:** Dirección de correo, teléfono y/o e-mail para que terceros interesados puedan ponerse en contacto

3.4 Cartografía de suelo en Argentina

Los estudios de suelos en Argentina, según Moscatelli y Pazos (2008), comenzaron a fines del siglo XIX y se desarrollaron sobre criterios geológicos y orientados a la producción agrícola. Entre los años 1930-40, al implementarse obras hidroeléctricas y áreas de regadíos, se estudió la regabilidad de los suelos y durante la década de los años 50 se profundizó en el conocimiento de los suelos para prevenir la erosión.

El relevamiento de suelo representa en Argentina uno de los más largos inventarios en el país, fue realizado en el período 1960/90 a escala múltiple. Los mapas y bases de datos creadas con imágenes aéreas, relaciones geomorfológicas, observaciones de campo, integradas por un modelo conceptual creado por la experiencia y conocimiento del reconocedor de suelo.

En los años 60s se desarrolló un proyecto denominado Plan Mapa de Suelos, llevado adelante por el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), que realizó un inventario de suelos para un gran porcentaje del país, con mayor detalle en las Llanura Pampeana y en otras zonas con aptitud agrícola según las normas de reconocimiento de suelos de (USDA, 1951; Etchevehere, 1976). En la década de los 80 se obtuvo para el resto del país a escala de reconocimiento 1:500.000 y/o 1:1.000.000, dentro del Proyecto de las Naciones Unidas y SAGyP-INTA/85, publicándose el Atlas de Suelos de la República Argentina SAGyP-INTA/90.

Muchos edafólogos de las universidades, de otros centros de investigación y organismos provinciales, hicieron estudios de áreas pilotos en cartografía estratificada y sin estratificación, génesis y manejo de suelo, que completaban la información de suelos.

El uso de clasificaciones morfológicas y genéticas se ha extendido desde el siglo pasado para la clasificación del suelo según sus atributos. En Argentina se utilizó la 7ª. aproximación (Soil Survey Staff, 1960), como sistema de clasificación de suelos para la cartografía de suelos y más tarde el Soil Taxonomy (USDA, 1975, 1981, 1999, 2010) elaborada por el Departamento de Agricultura de EE.UU. conjuntamente con la participación de los más renombrados especialistas del mundo.

Moscattelli y Pazos (2008) señalan que además de la Taxonomía de Suelos en Argentina, se utiliza la Leyenda del Mapa de Suelos de Mundo (FAO-Unesco, 1974) y la WRB (ISSS_ISRIC_FAO, 1998) que constituye una opción útil donde la taxonomía no está desarrollada como en Natrudoles y Calciudoles (FAO, 2015).

3.4.1 Cartografía de suelo en Santiago del Estero

El relevamiento de los suelos de la provincia de Santiago del Estero se realizó desde los años 1976 hasta la actualidad. Los avances fueron muy variables en el tiempo y realizados con diversos niveles de intensidad. Los mayores avances se lograron en los períodos en que la actividad fue financiada por el Programa PNUD-SAGyP-INTA/Argentina⁸⁵, interesados en contar con una base técnica para reformas impositivas. Se realizó el mapeo de suelos de Santiago del Estero (137.000 km²) con tierras de aptitud media a baja a nivel de reconocimiento a escala 1:500.000.

En el este, centro y suroeste de la provincia con tierras de aptitud alta y media fueron mapeados a nivel semi-detallado a escala 1:50.000 a 1:100.000, en el marco del Plan Mapa de Suelos de áreas extra Pampeanas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), y posteriormente a través de Planes de Trabajo y Proyectos a cargo de técnicos de investigación de INTA EEA Santiago del Estero.

Las pautas técnicas generales fueron: nivel de trabajo semi-detallado a escala 1:50.000, y reconocimiento 1:500.000; mapeo sobre la base de las relaciones paisaje-suelo, con una densidad baja de observaciones de campo; utilizando e aerofotografías o imágenes satélite y las cartas topográficas disponibles a escalas 1:250.000 y 1:100.000; definición de suelos según las normas de reconocimiento, Etchevehere (1976), basadas en el Soil Survey Manual (1951); clasificación de suelos con el sistema de clasificación taxonómico de suelo (USDA, 1975, 1981); evaluación de tierras por el sistema de capacidad de uso (Klingebiel y Montgomery, 1971) dando lugar a productos en algunos casos insuficiente para predicciones de interés agronómico a nivel de finca.

Esos criterios, con adaptaciones a las condiciones locales y a los recursos disponibles, se aplicaron en todos los relevamientos de suelos realizados por el INTA en toda la provincia. Posteriormente, se incorporaron facilidades informáticas para la observación de imágenes satelitales digitales, trazado de mapas y tratamiento de la información.

El estudio de suelos de la provincia se realizó en las siguientes épocas:

1975-1984: Relevamiento semidetallado a escala 1:100.000 en el Centro Este (Peña Zubiarte y Salazar Lea Plaza, 1978), realizado por el Instituto de Suelos y Agrotecnia, Unidad de Reconocimiento de Suelos y el Centro de Investigaciones en Recursos Naturales con sede en Bs.As. La Dirección General de Minería y Geología de la provincia de Santiago del Estero realizó el mapa de suelos del Centro Este de Santiago del Estero (Boetto *et al.*, 1980). Estos estudios se han realizado utilizando las Normas de Reconocimiento de Suelos (Arens y Etchevehere, 1966 y Etchevehere, 1976), el sistema de clasificación de suelos de Taxonomía de Suelos (USDA-SCS, 1975) y el sistema de Capacidad de Uso (Klingebiel y Montgomery, 1961).

1985-1997: Relevamiento a escala de reconocimiento 1:500.000 para el Mapa de Suelos de la Provincia de Santiago del Estero (Vargas Gil, 1990), en el marco del convenio PNUD Argentina/85. Las tareas se efectuaron con sede en la EEA Santiago del Estero y Salta. Los estudios de suelos se realizaron con iguales normas a los anteriores, el sistema de clasificación de suelos de la Taxonomía de Suelos, el sistema de Capacidad de Uso y los Indices de Productividad (Sobral y Nakama, 1988).

Relevamiento semi-detallado, a escala 1:50.000, de 2.000 km² en la zona Suroeste (Angueira y Vargas Gil, 1993). El sistema de evaluación de tierras se obtuvo siguiendo los Indices de Productividad (Sobral y Nakama, 1988) y el Esquema FAO (Angueira, 1993).

Los relevamientos se realizaron con un uso intensivo de las relaciones paisaje-suelo, utilizando aerofotografías, imágenes en papel y cartas topográficas, con variable densidad de observaciones de campo. La metodología se aplicó de manera uniforme puesto que las tareas se ejecutaron en corto tiempo. Se realizó la digitalización a partir de mapas dibujados sobre base papel, utilizando las mesas digitalizadoras.

1998-2007: Relevamiento semi-detallado escala 1:50.000 de la margen derecha del Río Dulce en parte de su curso medio (Angueira y Zamora, 2003), aproximadamente 1500 km² en la zona Centro de la provincia, en el marco del Proyecto de investigación INTA-UCSE con sede en la EEA de Santiago del Estero.

La metodología se aplicó de manera similar, salvo que en lugar de utilizar mosaicos semi-apoyados de aerofotografías, se utilizó como base cartográfica un mosaico de imágenes satélite. La digitalización se realizó a partir de las imágenes impresas utilizando la mesa digitalizadora y programa ArcInfo Plus 3.4. Los mapas y características de los suelos en formato digital se organizaron en el Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero (SigSE) (Angueira y Prieto, 2003) y (Angueira *et al.*,2007).

2008-hasta la actualidad: Relevamiento semidetallado a escala 1:50.000 y nivel de reconocimiento 1:250.000 en la zona Centro. Se incorporó el uso de imágenes satelitales digitales en lugar de aerofotografías y de facilidades informáticas para la observación de las mismas, tratamiento de la información y trazado de mapas. Las tareas se realizaron en el marco de un Proyecto de Investigación ProSusNOA y AERN con sede en INTA-EEASE.

La incorporación de imágenes digitales y las facilidades informáticas implicaron cambios metodológicos, las principales modificaciones estuvieron centradas en aspectos de la interpretación, el trazado de las unidades de mapeo y las posibilidades de realizar modificaciones en los mismos.

Los trabajos sobre pantalla se hicieron con una visión óptima de las imágenes a escala múltiple desde 1:50.000 como escala mayor y 1:70.000 promedio, adecuada para mapas a presentar en una escala 1:100.000 a 1:200.000. Se trazaron los límites sobre imágenes satélite impresas y correcciones sobre la imagen en pantalla lo que resultó más fácil, preciso y rápido en algunos casos de unidades pequeñas. Se facilitó de ese modo el intercambio de opiniones y de conocimientos entre los integrantes del equipo.

Las imágenes permitieron observar diferentes situaciones, tales como cambios en las condiciones hídricas en los depósitos aluviales, según el período climático seco o muy húmedo que mostraban excesos hídricos, cañadas, etc. Las discrepancias, en la mayor parte de los casos, se resolvieron por interpretación y en algunos casos por nuevos controles de campo.

Durante el mapeo, se definieron los cambios en la metodología y en algunos criterios pero sin llegar a definir un sistema operativo completo. Esto implica que la aplicación del sistema es muy dependiente de las interpretaciones que realice el personal actuante. Por lo anterior, se procuró definir un sistema operativo que permitiera que, a partir de los mismos datos, diferentes técnicos llegaran a similares resultados

En los mapas semidetallados las unidades definidas son mayoritariamente consociaciones, asociaciones y complejos de composición de suelos determinada e indeterminada en los sectores inundables. La precisión de extrapolación de la información es mayor en las unidades simples que en las compuestas. Los suelos fueron diferenciados a nivel de series.

En los mapas de reconocimiento las unidades definidas son asociaciones y complejos de composición indeterminada. La unidad mínima para la cual la información es válida son áreas mayores que en los semi-detallados, por lo tanto los interfluvios y las vías de escurrimiento no permitieron detectar a la escala de trabajo los diversos grados de riesgo de anegamiento, y delimitarlas a costos razonables.

Los suelos fueron diferenciados a nivel de subgrupo considerando todas las descripciones horizontes y rasgos diagnósticos y planillas de datos de laboratorio de los perfiles representativos de los subgrupos definidos, que fue de utilidad para la clasificación taxonómica.

3.5 Naturaleza del área de Santiago de Estero

La provincia de Santiago del Estero posee una extensión de 137.111 km², su territorio es una planicie que presenta una pequeña inclinación en dirección noroeste-sureste y se encuentra ubicado entre los 25° 35' y 30° 41' de latitud sur, y los 61° 34' y 65° 34' de longitud oeste, datum WGS84.

El Chaco Americano tiene una extensión de 1.141.000 km², se encuentra en la región Neo tropical, es el bosque seco más grande de Sudamérica y la segunda región boscosa después del Amazonas, compartido por Argentina (62%), el oeste y centro de Paraguay (25%), Bolivia (11%) y sectores del centro del Brasil en el estado de Mato Grosso del sur Brasil (2%).

En las montañas del oeste nacen y se alimentan las cuencas hidrográficas de los grandes ríos Pilcomayo, Bermejo, Juramento-Salado, y Salí-Dulce, que recorren la región sin recibir de ella algún aporte hídrico. Hacia el este, se encuentran los ríos Paraguay y Paraná, que gracias a los mayores aportes pluviométricos locales, forman una intrincada red de arroyos, ríos y humedales diversos. Esta región fue denominada Dominio fitogeográfico Chaqueño El Dominio fitogeográfico Chaqueño (Cabrera, 1976) y se subdivide en cinco provincias fitogeográficas: Chaqueña, del Espinal, de la Prepuna, del Monte y Pampeaba.

La Provincia fitogeográfica Chaqueña, incluye una variedad de ambientes, formaciones de bosques xerófilos, sabanas, estepas serranas y arbustivas, salares, humedales, selvas en galería, etc. En Argentina corresponde a las provincias de Formosa, Chaco, Santiago del Estero, la mitad norte de Santa Fe, el centro y oeste de Corrientes, Salta y el oeste y norte de Córdoba de Argentina. En esta provincia se pueden distinguir cuatro distritos: Distrito fitogeográfico Chaqueño Serrano, Chaqueño Occidental, Chaqueño Oriental y de las Sabanas.

El clima es continental, semitropical a subtropical hacia el sur, con disminución de las precipitaciones desde 1400 mm en el noreste a 400 mm en el sudoeste y de la temperatura media anual que supera los 25°C en el norte a 18°C hacia el sur.

La vegetación consiste en el bosque chaqueño y está dominado por especies xerófilas caducifolias o semi caducifolias, adaptadas a las importantes fluctuaciones en disponibilidad hídrica como a las variaciones térmicas estacionales, y a la herbivoría de la fauna tanto nativa como doméstica.

Los suelos son profundos, compuestos por materiales finos de tipo loésico, como resultado de los aportes eólicos, junto a los de origen aluvial y fluvial, vinculados al gran aporte de materiales provenientes del sector montañoso andino. Estos sedimentos externos fueron rellenando la gran fosa tectónica chaco-pampeana.

La provincia de Santiago del Estero, se encuentra en su totalidad en el distrito fitogeográfico Chaqueño Occidental, que se presenta como una vasta llanura, casi plana en su totalidad, con ocasionales interrupciones serranas, y con una leve pendiente desde el oeste hacia el este.

Vargas Gil (1988) subdividió el Chaco Americano en las Regiones Naturales: Umbral al Chaco, Chaco Seco, Chaco Serrano, Semiárido, Chaco Subhúmedo, Chaco Húmedo, Chaco Aluvial y Chaco Deprimido (Fig.3.1) que se describen a continuación:

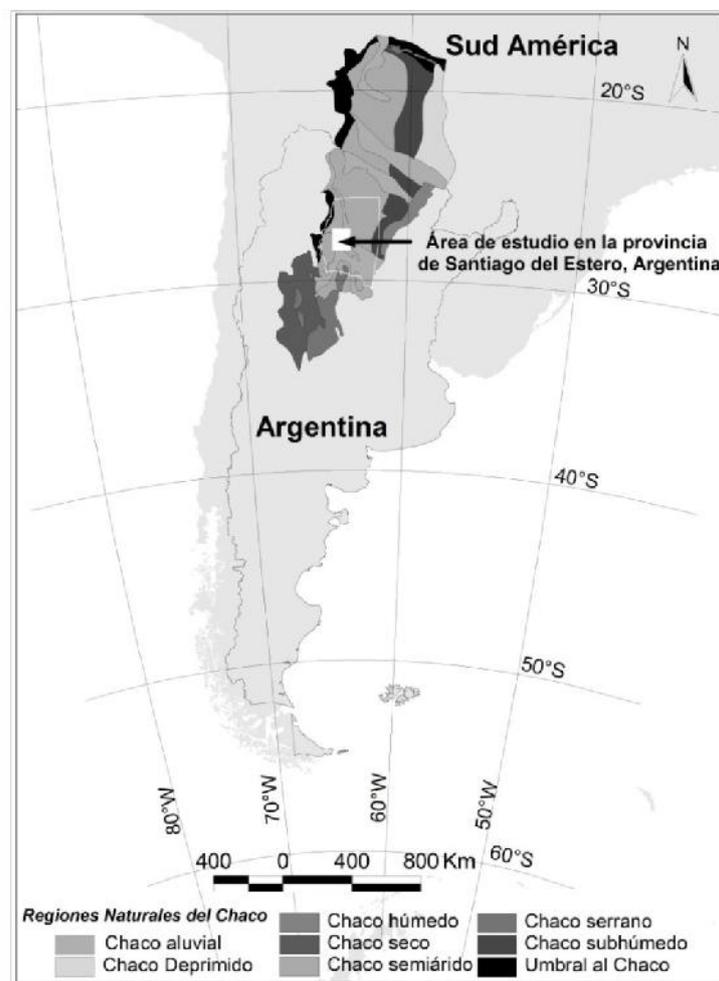


Fig. 3.1 Regiones Naturales del Chaco Americano Fuente: Vargas Gil (1988) en Angueira *et al.* (2007) y ubicación del área de estudio

Umbral al Chaco: Es una franja meridional continua que separa la llanura chaqueña del relieve montañoso (Sierras Subandinas y Sierras Pampeanas). Se extiende desde Santa Cruz de la Sierra (Bolivia) por el norte hasta las proximidades de Catamarca (Argentina). Las precipitaciones alcanzan valores entre 900 y 650 mm anuales. Las temperaturas son altas. La media del mes más cálido es de más de 27° C y la del mes más frío 14° C en el Norte, y de 25° C y 12° C en el Sur.

Chaco Seco: Se ubica al sudoeste del Chaco; la precipitación media es inferior a 450 mm; la temperatura media es de 27° C. La mínima media, 16° C.

Chaco Serrano: Esta unidad es una faja angosta discontinua de disposición norte-sur; la integran serranías de altura baja a media en la parte oriental del bloque montañoso. Las precipitaciones son de 700 a 5000 mm anuales. En algunos lugares muy favorecidos pueden llegar a 900 mm; las temperaturas y evapotranspiración alcanzan altos valores.

Chaco Subhúmedo: Ocupa una franja meridional que bordea por el este el Chaco semiárido, se extiende por el sur desde el este de Santiago del Estero y hasta la porción centro oriental de Santa Cruz (Bolivia) en el norte. Las precipitaciones varía de 700 mm en el oeste a 1.000 mm en el límite con el Chaco húmedo al este. Las temperaturas medias en el norte son de 23° C, las máximas medias de 30° C y las mínimas 14,5° C.

Chaco Húmedo: Es una faja discontinua adosada al Chaco Subhúmedo, desde el norte de la provincia de Santa Fe (Argentina), sigue interrumpiéndose en Paraguay para continuar en el límite Bolivia- Brasil. Las precipitaciones en el oeste son de 1.000 mm y al este alcanzan a 1250 mm, la temperatura media es de 23° C, la máxima 43° C y la mínima -2,5° C.

Chaco Aluvial: Corresponde a las llanuras aluviales, terrazas y áreas de influencia de los grandes ríos chaqueños; de norte a sur: Parapetí, Pilcomayo, Bermejo, Juramento-Salado y Sali-Dulce.

Chaco Deprimido: Constituye la llanura baja en sentido regional, próxima a la parte más baja del cauce de los ríos Paraguay- Paraná. Las características climáticas son similares a las del Chaco húmedo y, como este, se encuentra ampliamente disectado, expuesto a los derrames y desbordes de los ríos mayores y menores que bañan la región.

Chaco Semiárido: Tiene 26.080 km² (Angueira *et al.*,2007), es una zona de pastizales arbolados de terreno llano en el centro sur de América del Sur, con un aumento de la temperatura de sur a norte y de las precipitaciones de oeste a este. Incluye formaciones de bosques xerófilos, sabanas, con comunidades edáficas características en los salares, humedales, etc.

La provincia de Santiago del Estero, se encuentra ubicada en su totalidad en el Chaco Semiárido Vargas Gil (1988), con potencialidad de aprovechamiento agropecuario pero que requiere una adecuada planificación del uso de sus recursos naturales Angueira (1993).

3.5.1 Geología

3.5.1.1 Geología de la región chaqueña

La etapa inicial del trabajo consistió en una revisión analítica de la información geológica existente a nivel regional del Chaco y de la provincia de Santiago del Estero, y la que pudiera tener relación con la zona de estudio, para tener una mejor comprensión de la geología y los factores formadores del relieve. Se presenta a continuación algunas conclusiones de esa tarea.

Sudamérica es una placa gondwanica rodeada por grandes áreas oceánicas, situada en una región influenciada por el Anticiclón Antártico. La *Pampasia*, es una gran cubeta sedimentaria que se apoya sobre el basamento (Arqueozoica), dividida por la dorsal estructural *Dorsal de Martín Garcia* en Septentrional y Austral (Iriondo, 2010).

En la Pampasia septentrional más hundida y desarrollada, la estratigrafía comienza con los depósitos de cuarcitas con trazas fósiles de la edad Cámbrico-Ordovícico 2500 Ma (Era Paleozoica). Estas sedimentitas se denominan *Formación Arbol Blanco*, *Formación Pirané* y *Las Breñas*.

El Siluro-Devónico (Era Paleozoica), que se extienden hasta el norte de Santiago del Estero y el oeste de Tucumán está representado por sedimentitas finas. La secuencia se inicia con las dinamicitas de la *Formación Zapla*, continuada por la *Formación Copo* y las areniscas finas de la *Formación Caburé* (Devónico) y *Formación Rincón*.

En la región central en la Cuenca Chaco-Paranaense: *Subcuenca de Alhuampa* (para Chaco y Santiago del Estero) y *Subcuenca de San Cristobal* (para Córdoba y Santa Fe) se depositaron las sedimentitas de la edad Carbonífero-Pérmico (Era Paleozoica).

Desde el Paleozoico todo el basamento precámbrico está marcado por cuencas y terraplenes. El espesor del material de edad paleozoica sobrepasa los 1.000 metros. Los sedimentos paleozoicos sobrepasan los 1000 metros, los triásicos y jurásicos (Mesozoicos) un espesor menor. Durante el Jurásico, comienza la desintegración de Gondwana, formándose varias subcuencas del sustrato paleozoico afectado por movimientos tectónicos, que posteriormente se rellenan con gruesos sedimentos cretácicos (mesozoico) y cenozoicos.

El *Basalto de Serra Geral* con escasa representación, se sucede con la *Formación Mariano Boedo* que se produjo en un ambiente marino de plataforma somera. El resto de las secuencias terciarias tienen escasa significación, con excepción de las sedimentatitas marinas de la *Formación Paraná/Entre Rios*.

En la Pampasia austral, la columna estratigráfica está menos desarrollada y sólo se han encontrado depósitos de la edad Cretácica 136 Ma (Era Mesozoica), dentro de las Cuencas del Salado y del Colorado.

La Cordillera de los Andes en el oeste, es un orógeno simple originado por la subducción de la placas oceánicas debajo de la continental, elevado en la edad Terciaria, época Mioceno-Plioceno 26-7 Ma (Edad Cenozoico), formada por un arco magmático con fosa marina al oeste y cuencas al este. Al este de la cordillera se encuentran las sierras Sub-andinas en el noroeste argentino desde Bolivia hasta el río Salí-Dulce al sur, que representan la deformación más oriental durante la orogenia terciaria andina que influyó y empujó desde el oeste. Es una faja plegada y corrida constituida por una serie de cordones serranos paralelos entre sí, en dirección noreste-suroeste, con frente abrupto al oeste y suave pendiente al este hasta alcanzar la llanura oeste (Hernández y Echavarría, 2009).

Las Sierras Pampeanas se formaron por plegamientos antiguos en el Paleozoico, luego fueron erosionadas y volvieron a ascender con el plegamiento andino durante el terciario, Son serranías norte-sur que se extienden en el centro-oeste del país subdividida en áreas diferenciadas (Cumbres calchaqués, Sierras de Aconquija) en Tucumán, (Sierra de Ambato, Ancasti-El Alto y otras) en Catamarca y Sierra de Guasayán, Ambargasta, y Sumampa) en Santiago del Estero, asociadas a relieve de penillanuras y mesetas.

Los bloques hundidos fueron sepultados por sedimentos recientes del Terciario y Cuaternario, dando lugar a una planicie de acumulación que desciende gradualmente hacia el este, entre 23° y 41° de latitud Sur, que recibe el nombre de Formación Pampeana. Al este de la cordillera, desde los 10° N a los 50° S, se encuentran las tierras bajas interiores correspondiente a una cuenca geológica continental de antepaís, cuyos sistemas sedimentarios principales son los grandes depósitos aluviales, los campos de arena y las secuencias loess-paleosuelos de la edad Cuaternaria (2,6 Ma), hacia el este hasta el océano Atlántico se extienden los paisajes más estables desarrollados sobre rocas paleozoicas y mesozoicas (Iriando, 1999).

En el Cuaternario, las variaciones climáticas fueron más por la precipitación que por cambios de temperatura. En climas húmedos se formaron suelos, fajas aluviales con avulsionamiento en algunos sitios, en cambio en períodos semiáridos se produjo sedimentación de cauces efímeros y grandes derrames aluviales.

Los mega-abanicos se formaron desde el Plioceno (Era Cenozoica) a partir de los sedimentos transportados por los ríos desde los andes atravesando las Sierras Subandinas y Pampeanas en forma antecedente, y se depositaron al pie de monte alcanzando enormes distancias en dirección este, con variaciones actualmente permanecen (Iriando, 1987). Los mega-abanicos son extensos, con diferentes climas desde el ápice a la zona distal, con suave pendiente longitudinal, incluso pueden tener bloques tectónicos en derrame, con unidades sedimentarias y morfológicas diferentes: derrames, fajas aluviales, cauces efímeros, campos de dunas, etc.

Las grandes masas de limo y arenas depositadas fueron erosionada por el viento en los periodos secos y formaron campos de arena y mantos de loess, y el sistema de la pampa formado durante el último máximo glacial del Pleistoceno y el Holoceno con un patrón de montañas glaciadas, área de deflacción, campos de arena, y faja de loess periférico.

En la llanura chaqueña, durante el cuaternario se produjeron dos periodos secos, uno de ellos ocurrido en el Pleistoceno final, vinculado probablemente con el Máximo Glacial y el otro más intenso y severo en el Holoceno superior. En ambos períodos los vientos circularon, uno al sur (tipo pampeano) y otro al noroeste, paralelo a las sierras sub-andinas, este último movilizaba arena y limo proveniente de la planicie amazónica. Los vientos secos tropicales desde la planicie amazónica, deflacionaron hacia el sur los sedimentos aportados por los ríos desde el oeste, formando campos de dunas y una faja marginal de loess en el noroeste argentino (Iriando, 1999). Asociados a las dunas, una faja de loess de 0-15 m de espesor rellena los valles del oeste de las sierras subandinas entre las latitudes 19 y 27° S, erosionada por los abanicos holocenos.

Desde el noroeste de la Patagonia, durante el máximo glacial, un centro anticiclónico, enviaba vientos de arena y loess hacia el pampa centro y norte hasta Santiago, donde el loess está interestratificado con limo eólico depositado en ambiente palustre (pantanos y esteros). En el Holoceno 3500 – 1000 años AP (Iriando, 1986) un centro anticiclónico en el sureste de chaco afecto la parte distal de los abanicos del salado.

3.5.1.2 Geología de Santiago del Estero

La provincia de Santiago del Estero es una extensa planicie semiárida de sedimentos horizontales fracturados y dislocados en profundidad (Buitrago, 1964 en Martín, 1999), que se divide en tres regiones con límites imprecisos y controversiales: hacia el oriente las estructuras geopositivas paralelas en forma de estrechas fajas de las Sierras Subandinas y Sierras Pampeanas que limitan la Cuenca Chacoparanaense (Martín, 1999).

Los bloques hundidos fueron sepultados por sedimentos recientes del Terciario y Cuaternario, dando lugar a una planicie de acumulación que desciende gradualmente hacia el este, que recibe el nombre de Formación Pampeana. Esta cuenca geosinclinal, (Dana, 1973, citado por Martín, 1999) consiste en una fosa alargada, que se formó durante los movimientos orogénicos del ciclo Andico del Oligoceno y Mioceno del Terciario (Era Cenozoica). El sollevamiento fue acompañado de fuertes plegamientos y fallas paralelas y transversales a los plegamientos. Posteriormente durante el Mioceno Medio y Superior del Terciario (Edad Cenozoica) una ingesión marina cubrió el territorio, produciendo el hundimiento de la cuenca. Al final del Mioceno cuando se retiró el mar, comenzó la erosión de las partes altas. La llanura actual se formó en el final del Plioceno del Terciario (Bojanich, 1972 y 1973 en Martín, 1999).

Al final del Terciario se produjo el levantamiento vertical de los bloques cristalinos de la Sierra de Guasayan y la falla de Huyamanpa con rumbo norte-sur, simultáneamente los productos de un periodo de intensa erosión rellenaron las cañadas actuales, produciéndose otra reactivación en el Cuaternario (Abibol, 1997). Las Salinas de Huyamampa se generaron al pie de la falla, a partir de los escurrimiento del megabancado de las Sierras Sub-andinas y Pampeanas. La elevada salinidad hace suponer que recibe aportes de la fractura Falla de Huyamampa rumbo norte-sur que se extiende por 170 km y las otras fracturas secundarias transversales como la de Falla Chumillo u oblicuas como la del río Dulce, produjeron un basculamiento hacia el norte y divergencia del río hacia el sureste.

En la fase Neotectónica Pleistoceno-Holoceno del Cuaternario, se produjeron reacomodaciones y dislocaciones que elevaron los altos estructurales de Sachayoj, Giradet y Mar Chiquita y las depresiones de Lagunas Saladas y Mar Chiquita (Abitbol, 1997). El sistema de fallas norte-sur Huyamampa, Los Gatos, Guasayán y Mar, de rumbo noroeste-sudeste Laguna Verde, Jumialito y Río Dulce y por último las de rumbo noreste-sudoeste Las Piedritas y Lagunas Saladas que influyeron en la génesis del subsuelo de la provincia (Martín, 1999).

El Pleistoceno fue un período de plegamiento y levantamiento muy activo en la Cordillera, ocurrieron gran cantidad de fallas paralelas, representando cada una un movimiento relativo. Por esta razón el conjunto de terrazas al oeste y este del curso actual de los Ríos Dulce y Salado es bastante complicado, hay partes más antiguas y otras que representan sedimentos más jóvenes, pero en el momento no es posible establecer una cronología de las distintas terrazas

Durante el Cuaternario los cambios climáticos determinaron alternancia de períodos húmedos cálidos y períodos secos fríos donde se depositaron sedimentos eólicos de la Formación Pampeana y loess Neotropical (Sayago, 1995). Al oeste de la falla de Huyamampa los sedimentos Mioceno-Plioceno están cubiertos por 30 m de loess pampeano (Alberdi *et al.*, 2008) que probablemente hayan afectado el abanico aluvial. La formación Pampeana se extiende entre 23° y 41° de latitud Sur, comprenden el loess y los limos loessoides, depositada esencialmente por acción eólica, que ha sido retrabajada en algunos casos por el agua y procesos gravitacionales, y afectada por procesos de meteorización y facies fluviales y lacustres. La morfología del terreno está en relación con el agente que la depositó ya sea fluvial, eólico o marino (Fucks y Deschamps, 2008).

En un corte oeste-este de la falla de Huyamampa, se observa 30 m de loess Pampeano, seguido por 70 m de arcillas rojas del Plioceno Superior, sobre arcillas verdes del Mioceno, enfrentado 150 m de arenas, arcillas y gravas del Cuaternario depositadas sobre las arcillas rojas del Plioceno (Abitbol, 1997).

La Falla de Huyamampa con rumbo norte-sur que se extiende por 170 km y junto con las otras fracturas secundarias noroeste-sureste (Falla Chumillo y Río Dulce), forman un abanico denominado Abanico aluvial del Río Dulce.

El rechazo superior a 240 m, produjo una reactivación y erosión regresiva, que unido a la alternancia de períodos húmedos y secos, dio lugar a una deposición secuencial de gravas, arenas, arcillas y margas típico de estas formaciones, material arenoso de granulometría diversa. El abanico desarrollado a partir de donde el río sale del valle y entra en la planicie. Esta modificación de la pendiente del río produce una tendencia excavante-agradante donde se van acumulando sedimentos en grado decreciente de granulometría y formando una red de canales divagantes en forma de cuña y gravas en el ápice, abiertos y recortados en el abanico medio que ocupa la mayor parte 70 % y arenas finas en el borde distal.

El perfil longitudinal es hiperbólico excéntrico engrosado en el ápice y el corte transversal lenticular y convexo (Martín, 1994), la longitud entre 30-50 km y una pendiente 0,19%, en los primeros 12 km, 0,08% en los siguientes 45 km y termina en 0,03%. Esta cubeta sedimentaria va disminuyendo de espesor radialmente, hasta desaparecer a unos 50 km al sur-este de la falla (Martín, 1999; Abitbol, 1997).

La llanura chaqueña sufrió cambios climáticos durante el Cuaternario que significaron alternancias de períodos secos y fríos con otros húmedos y más cálidos. Las unidades geológicas más antiguas ponen en evidencia la existencia de períodos más secos que el actual, durante los cuales el transporte eólico fue el agente predominante. Luego, los cambios en el régimen pluvial hacia el inicio del Holoceno determinaron la interrupción del desarrollo de los abanicos aluviales.

Los procesos tectónicos, climáticos y geomorfológicos determinaron grandes cambios en el rumbo oeste-este de los sistemas fluviales Salado y Dulce, conformando abanicos aluviales complejos (Barbeito y Ambrosino, 2007). La dirección del río Salado era oeste-este hasta el río Paraná (Peri y Rosello, 2010) cambiando el desplazamiento al sur con avenamiento y bañados en el Pleistoceno medio y superior.

El río Dulce con su cauce principal hacia el sur a las Salinas de Ambargasta, y el Salado a Mar Chiquita o desembocando juntos en Mar Chiquita (Cardiel, 1756 en Martín, 1999). En un principio el desagüe del río Dulce en el abanico aluvial se realizó hacia el sur-este y luego, hacia el sur, coincidiendo con el curso actual.

Esta llanura aluvial se extiende, siguiendo el valle del río y hacia el sur por una llanura de avenamiento impedido, debido a la disminución de la capacidad de transporte, en razón de la menor pendiente regional (Barbeito y Ambrosino, 2007) hasta alcanzar el río Dulce la posición actual noroeste-sureste siguiendo la pendiente regional actual (Kanter, 1936 en Martín, 1999).

3.5.2 Geomorfología

En la provincia de Santiago del Estero el área ocupada por las Sierras Pampeanas, la Llanura Chaco Pampeana y el Uruguay, formaban en el Precámbrico una masa continua indivisa de rocas ígneas y metamórficas, cuyo rebajamiento por erosión originó la acumulación de sedimentos, formando una planicie bien nivelada.

Durante el Terciario, movimientos orogénicos elevaron franjas longitudinales del continente en dirección norte-sur, que fueron acompañados por fallas más o menos paralelas. El basamento cristalino es muy antiguo constituido por rocas pre-cámbrico se dividió en grandes bloques, determinando que algunos ascendieran, mientras que otros se hundieran.

Las Sierras Subandinas del noroeste argentino son una faja plegada y desplazada durante la orogenia andina que empujaba desde el oeste, abarca desde Bolivia hasta el río Salí-Dulce al sur., que representa la deformación más oriental durante la orogenia andina terciaria que empujó desde el oeste (Hernández y Echavarría, 2009). Está constituido por una serie de cordones serranos paralelos entre sí, en dirección noreste-suroeste, con frente abrupto al oeste y suave pendiente al este hasta alcanzar la llanura chaqueña.

Las Sierras Pampeanas son serranías que se extienden en el centro-oeste del país, asociadas a relieve de penillanuras y mesetas, elevadas durante el terciario y de norte a sur subdividida en áreas muy diferenciadas y tomando distintos nombres (Cumbres calchaquíes, Sierras de Aconquija) en Tucumán, (Sierra de Ambato, Ancasti-El Alto, etc.) en Catamarca y (Sierra de Guasayán, Ambargasta, y Sumampa) en Santiago del Estero.

Los bloques hundidos fueron sepultados por sedimentos del Terciario y Cuaternario, dando lugar a una planicie de acumulación que desciende gradualmente hacia el este, que recibe el nombre de llanura chaco-pampeana resultado de una larga historia que se fue conformando en el transcurso de las diferentes eras geológicas.

3.5.2.1 Unidades y subunidades geomorfológicas

La utilización de nuevas tecnologías como el procesamiento digital de imágenes satélite y los sistemas de información geográfica, junto con los antecedentes de DIGID (1979), PERD (1982), Sayago (1982), Angueira (1986, 2007), permitieron delimitar las unidades y subunidades de geomorfológicas de la provincia de Santiago del Estero. Presentándose las características principales de éstas, dando una visión del aspecto físico de la provincia, e indicando para cada ambiente, el nombre, símbolo, localización, características geomorfológicas, relieve y mapas. En el punto Suelos, se consignan las descripciones de los órdenes de suelos dominantes, clasificados según la taxonomía de suelos (USDA-SCS, 1975), y la distribución geográfica de los suelos en las unidades y subunidades geomorfológicas.

Descripción de las unidades y subunidades geomorfológicas

Se determinaron las unidades geomorfológicas principales: Piedemonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas, Elevación Guasayán Recreo, Alto de Ambargasta Sumampa, Ambiente de las Salinas Grandes Ambargasta, Llanura Aluvial del Salado, Llanura Aluvial del Dulce, Planicie Santafecina Remanente, y en cada una de ellas se diferenciaron subunidades geomorfológicas (Tabla 3).

CAPÍTULO III

Tabla 3.2. Unidades y Subunidades Geomorfológicas de Santiago del Estero

Unidades Geomorfológicas	Subunidades Geomorfológicas
Piedemonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas (P)	Bajada proximal (Pbp)
	Bajada distal (Pbd)
	Paleobajada distal del Ancasti- El Alto (Ppd)
Elevación Guasayán Recreo (U)	Afloramientos rocoso (Uar)
	Abanicos aluviales (Uaa)
	Planicie reactivada (Upr)
	Llanura de inundación activa (Ula)
	Depresión de Choya (Udc)
Alto de Ambargasta Sumampa (A)	Afloramientos rocosos (Aar)
Ambiente de las Salinas Grandes Ambargasta (N)	Bajada (Abp)
	Areas de inundación activa (Ni)
	Playa salina con modificación eólica (Ne) Area de acumulación marginal (Na)
Llanura Aluvial del Salado (S)	Paleoabanico aluvial (Spa)
	Paleollanura de inundación (Spl)
	Areas de derrame (Sad)
	Depresión de las Salinas (Sds)
	Llanura de inundación activa (Sla)
	Llanura inundación temporariamente activa (Slt)
Llanura Aluvial del Dulce (D)	Paleollanura de inundación (Dpl)
	Llanura de inundación activa (Dla)
	Depresión tectónica de Mar Chiquita (Ddt)
	Planicie residual (Rpr)
Planicie Santafesina Remanente (R)	Vertiente coluvial (Rvc)
	Bajos anegadizos (Rba)
	Llanuras de inundación(Rli)
	Llanuras de deflación (Rd)

Las unidades geomorfológicas (Fig. 3.2) se dividen en subunidades con un nombre, símbolo, localización, características geomórficas y relieve específicos (Fig. 3.3). Se detallan las características de las subunidades geomorfológicas dando una visión introductoria y de conjunto del aspecto físico de la provincia e indicando para cada ambiente, el nombre, símbolo, localización, características geomorfológicas, relieve y mapas.

3.5.2.1.1 Piedemonte Subandino Pampeano (P)

El **Piedemonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas (P)** se origina de los materiales arrastrados por los cursos de agua que descendieron desde los bloques ascendidos del Sistema de las Sierras Subandinas y Sierras Pampeanas , en las provincias de Tucumán y Catamarca, formaron abanicos aluviales coalescentes de gran extensión horizontal, pendiente 0.3 %. Constituyendo las Bajada Proximal (Bbp) y

expandiéndose hacia el sur con un perfil longitudinal más suave la Bajada Distal (Pbd), denominados mega abanico proximal y mega abanico distal (Angueira *et al.*,2015), continuando a la Depresión de las Salinas, la Planicie del Dulce y las Salinas Grandes Ambargasta.

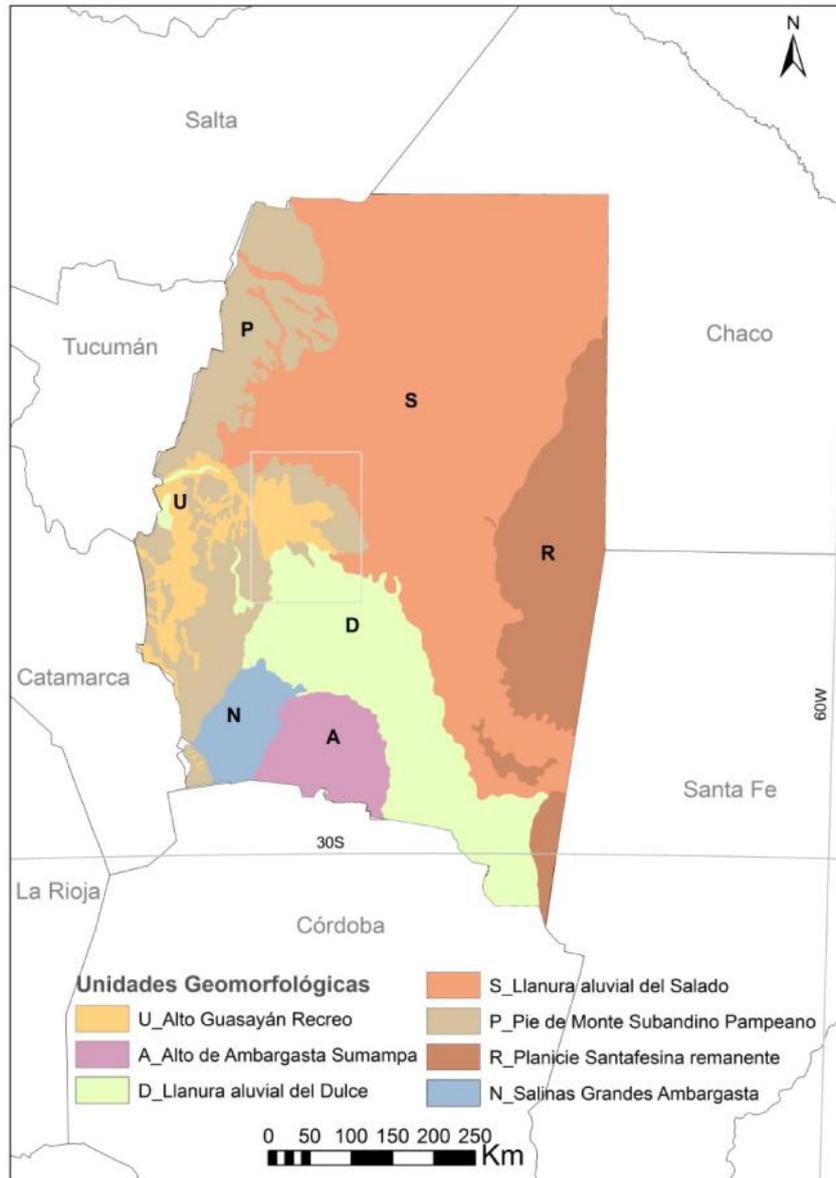


Fig. 3.2 Unidades Geomorfológicas de Santiago del Estero y ubicación área de estudio

Bajada Proximal (Ppp) los cursos de agua que bajan por su pendiente oriental con orientación variante norte-sur, formaron amplios abanicos coalescentes que constituye una planicie pedemontana, aluviales de gran extensión horizontal y pendiente suave norte, reduciéndose y expandiéndose hacia el sur. Aislados en esta planicie pedemontana se encuentran los cerros Remate y Cantero del Paleozoico inferior.

Bajada Distal (Pbd) los materiales arrastrados por el agua y depositados, fueron cubiertos por sedimentos eólicos que formaron una extensa planicie fluvio eólica, denomina mega abanico distal en la parte más alejada del sistema subandino-pampeano, con un perfil longitudinal más suave se extiende hasta la Depresión de las Salinas, la Planicie Aluvial del Dulce y las Salinas Grandes Ambargasta.

Paleobajada Distal del Ancasti El Alto (Ppd) resultado del hundimiento de la Bajada Distal por la falla de Huyamampa que determinó el solevantamiento del bloque oeste, dejando una base que posteriormente fue cubierta en parte por los depósitos del mega abanico distal, también denominado como aluvial de Santiago del Estero por (Martín, 19990) y sedimentos eólicos, que limita en forma difusa con la Planicie Aluvial del Salado.

3.5.2.1.2 Elevación Guasayán-Recreo (U)

Afloramientos rocosos (Uar) de las Sierras de Guasayán, bloque montañoso de orientación norte-sur, al este con un frente abrupto elevado formando al pie conos de deyección, con valles de trayecto corto, profundos y de pendiente elevada y hacia el Oeste inclinado, rodeado por sedimentos terciarios erosionados y cubiertos por depósitos cuaternarios. Las fallas secundarias paralelas más o menos continuas, con rechazos reducidos, determinaron la formación de Alto de Choya-Fosa de Choya y al Sur Alto de Recreo- Fosa de San Bernardo.

Abanicos Aluviales (Uaa) al pie de la Sierra de Guasayán, con ancho reducido y límite difuso el Piedemonte Subandino-Pampeano. El Cono Aluvial de Santiago del Estero, con ápice donde el Río Dulce atraviesa la Falla de Huyamampa, resultado de la elevación de la Bajada Distal (Pbd) del Sistema Subandino Pampeano y el hundimiento del bloque oriental cubierto posteriormente por el material de la planicie reactivada.

Planicie Reactivada (Upr) de diseño casi rectilíneo se produjo por una erosión regresiva que eliminó la cubierta cuartaria, exponiendo en todo su tramo sedimentos terciarios.

Llanura de Inundación Activa (Ula) sus expresiones más importantes las forman el Río Dulce y el Albigasta con una llanura ancha en relación a su cauce.

Depresión de Choya (Udc) una fosa tectónica producida al sur de la localidad de Choya que se caracteriza por paisaje de bajos alineados con drenaje centrípeto, relacionada al Sur con la Salina de San Bernardo.

3.5.2.1.3 Alto de Ambargasta-Sumampa (A)

Afloramientos Rocosos (Aar) es un elemento estructural de las Sierras Pampeanas con altura media de 350 metros, más elevada al sur 600 metros y desplegándose al Norte en una penellanura encerrando un área deprimida que se conecta a la llanura Chaco Santiagueña.

Bajada proximal del Alto Ambargasta Sumampa (Abp) con escaso desarrollo, de materiales gruesos y caóticos y finos con cierta estratificación en su parte distal. La pendiente hacia el Oeste, desciende desde 1,7% en la parte proximal a 0,7% en la distal, en un paisaje de terrazas estructurales hacia una playa salina. En el Este se encuentran las bajadas y abanicos aluviales formadas por los ríos con relictos elevados de 70 a 80 metros de altura. En el Norte la bajada adopta forma triangular con base en el Sur, su perfil longitudinal es cóncavo, disminuyendo su gradación hacia el sector distal interaccionando con la Llanura Aluvial del Río Dulce.

3.5.2.1.4 Ambiente de las Salinas Grandes-Ambargasta (N)

Áreas de inundación activa (Ni) se encuentran en el sector oriental, funcionan como evaporadoras, dando lugar a la precipitación de sales y formación de playas salinas o salinas blancas desprovistas de vegetación.

Playa salina con modificación eólica (Ne) son áreas llanas salinas con formas elongadas en sentido noreste sureste de acumulaciones salinas y salino arenosas con vegetación halófitas.

Area de acumulación marginal (Na) son los bordes alcanzados por las máximas inundaciones, su límite se confunde con la Llanura Aluvial del Río Dulce (D) y con la Bajada Distal del Sistema Subandino Pampeano (Pbd).

3.5.2.1.5 Llanura Aluvial del Río Salado (S)

Paleoabánico Aluvial (Spa) se desarrolla en el sector Noreste de la provincia y formado parte de un gran abanico aluvial cuyo ápice se encuentra en las elevaciones de la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas. El cono aluvial con una pendiente promedio de 0.06% orientado desde noroeste hacia el noreste, este y sureste, se encuentra surcado por numerosos cauces divergentes, que han ido divagando y originando el desplazamiento del paleo Río Salado a lo largo de la Llanura Chaco Santiagueña.

Los sedimentos de los interfluvios son arcillas y limos de coloración roja o pardo clara con sulfatos dispersos, intercalados se disponen los antiguos cauces de agua, entrecruzados, en una red de diseño anastomosado y colmatados por una sedimentación más fina y vegetación más activa.

Áreas de Deflación eólica (Saa) se presenta en la parte distal del paleoabánico obstruidos por procesos erosivos, las áreas bajas anegables por períodos prolongados son reactivadas como área de deflación en períodos de sequía.

Paleollanura de Inundación (Spl) se extiende una delgada faja sobre la margen oeste del Río Salado, hasta el centro de la provincia donde su ancho es más notable, para aparecer sobre ambas márgenes, siendo dificultoso precisar su separación de la Llanura Aluvial del Río Dulce (D) hasta el Sur. Continúa sobre la margen derecha del río Salado, para volver a presentarse en ambas márgenes al Sur, desapareciendo contra

la Planicie Santafesina Remanente (R). La Paleollanura tiene su origen en el Paleobanico Aluvial (Spa), un cambio del nivel de base permitió que la erosión disectara la antigua llanura de inundación, el escurrimiento de tipo luminal difuso se orientó hacia el Río Salado y a las áreas de derrame.

Áreas de Derrame (Sad) son vías de escape del río producidas por ruptura del albardón cuando se produce un endicamiento del agua por la acumulación de los sedimentos y restos vegetales. Estas zonas inundadas permanecen con agua aún en años que no reciben aporte durante el estiaje. Sobre la margen derecha del Salado, se encuentran lagunas con diferente extensión longitudinal y formas. Cerca de la localidad de Pinto, se presenta como un arco con su concavidad hacia el Noreste, determinado por el bloque levantado por la Falla de Palo Negro, retornando al cauce los excesos de agua en el Este. Otra área de cierta importancia, más ancha que la anterior, está ubicada en la margen izquierda, con una dirección de flujo Oeste Este.

Estas áreas corresponden a una antigua llanura de inundación degradada por el desplazamiento del río, con suave pendiente hacia el Este y límite Norte impreciso. Estas áreas que reciben aportes hídricos de importancia están sujetas a la salinización.

Depresión de las Salinas (Sds) constituye un área baja de drenaje anárquico con numerosas salinas y cuerpos de agua en progresiva colmatación. Se extiende desde la Bajada Distal (Pbd), la Falla de Hu yamanpa, el Cono Aluvial de Santiago del Estero (Uaa) y la Paleobajada de Ancasti El Alto (Ppd).

Puede tratarse de la zona marginal de Piedemonte Subsandino Pampeano (P), donde el agua que infiltra en el ápice del cono, reaparece formando pantanos y esteros por ausencia de desnivel, aunque también podría pensarse que al formarse el Cono Aluvial de Santiago del Estero (Uaa) desplazó el Río Salado más hacia el Este, dejando abandonado el ambiente fluvial que dadas las condiciones semiáridas se transformó paulatinamente en un ambiente salino.

Llanura de Inundación activa (Sla) se ubican a lo largo a ambos márgenes, su ancho es variable determinado por la topografía y los controles estructurales que cierran el escurrimiento subterráneo produciendo bañados. Alcanza su ancho máximo hacia sureste y estrechándose más en el este comparativamente con las anteriores.

Llanura de inundación activa temporariamente activa (Slt) se desarrollaron sobre paleocauces por acción del flujo laminar y se distribuyen preferentemente sobre el Paleobanico Aluvial (Spa), con una dirección norte sur dominante.

3.5.2.1.6 Llanura Aluvial del Río Dulce (D)

Paleollanura de Inundación (Dpl) se desarrolla recortado e irregular sobre ambos márgenes al Sur de la Paleobajada Distal de Ancasti El Alto (Ppd), el límite con la Llanura Aluvial del Salado (S) es impreciso, más definido con respecto al límite Oeste y Sur, que se corresponde con la Bajada Distal del Sistema Subandino Pampeano (P) y el Alto de Ambargasta Sumampa (A).

Llanura de Inundación Activa (Dla) presenta un fondo plano con desarrollo marcado por el que los cursos cambian frecuentemente. Hacia el suroeste su límite es impreciso, confundiéndose con las Areas de Acumulación marginal (Na).

Depresión tectónica de Mar Chiquita (Ddt) recibe los derrames del Río Dulce y anteriormente los del paleorio Salado. La laguna de Mar Chiquita constituye una depresión cuya formación se debe a la falla que limita su borde este y el umbral hacia el oeste. La línea de escarpa de falla produjo el cierre oriental del drenaje.

3.5.2.1.7 Planicie santafesina Remanente (R)

Planicie Residual (Rpr) se extiende por el este de la provincia, presenta cubetas de disolución en variado estado de desarrollo y distribuidas de manera irregular, se identifican tres tramos:

El bloque Norte con rumbo noreste sudoeste producido por la elevación del sustrato, como resultado de la Falla de las Piedritas, describiendo un arco interrumpido por línea estructural de Las Saladas. En el Centro el bloque es más bajo, con una línea de debilidad estructural hacia el oeste. El valle de Río Salado cerrado al oeste por la Falla de Palo Negro y la depresión de Mar Chiquita.

Vertiente Coluvial (Rvc) se desarrolla en forma alargada con pendiente suave en dirección Norte Sur al Oeste de la Planicie Residual (Rpr), su límite con el Paleobanico del Salado (Spa) es indefinido.

Bajos Anegadizos (Rba) es una zona plana desarrollada con dirección oeste este en el sistema de las Lagunas Saladas, sus límites corresponden a una planicie de inundación máxima; en su zona central y occidental se distribuyen algunos cuerpos de agua de volumen variable.

Llanuras de Inundación (Rli) se ubican en el sector Norte de la Planicie Residual (Rpr), dirección de escurrimiento al oeste, coincidiendo y constituyendo gran parte del drenaje perteneciente a las Saladas. Al este las llanuras son relativamente estrechas y rectas, mientras que al oeste son más anchas.

Llanuras con Deflación (Rd) unidades de contornos altamente irregulares están sobrepuestas, tanto a la Planicie Residual como a la Planicie de Inundación. Las longitudes máximas de exposición se encuentran en el sector septentrional y su dirección es norte sur.

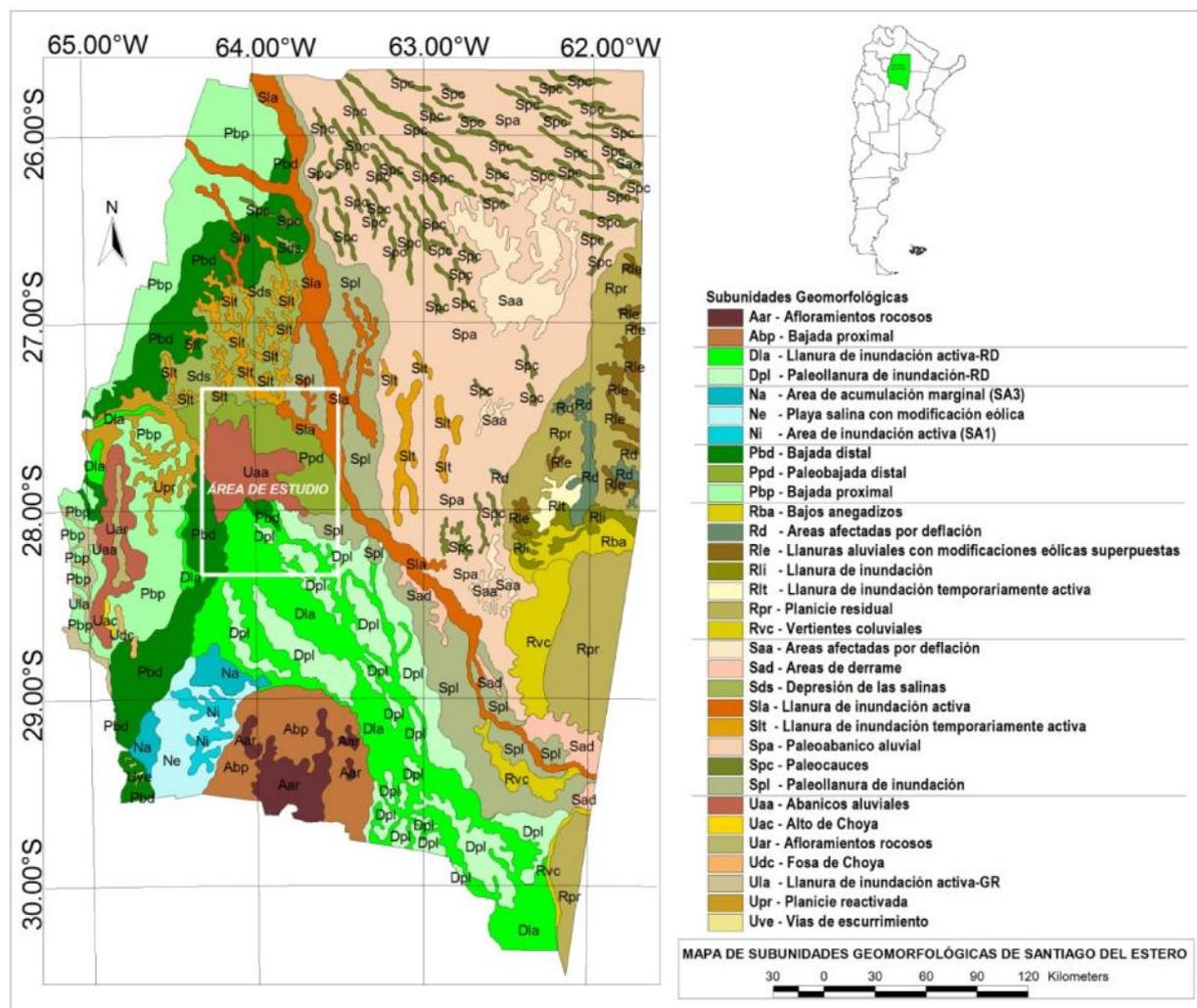


Fig. 3.3 Subunidades Geomorfológicas de Santiago del Estero y ubicación área de estudio

3.5.3 Suelos

3.5.3.1 Regimenes de Humedad y Temperatura de los suelos

Los suelos son el resultado de la mutua interacción del material originario, del clima y biósfera, modificados por la topografía y el tiempo. La mayoría de los suelos de la provincia se han desarrollado sobre materiales fluvio-eólicos en un relieve casi llano sin formas sobresalientes significativas, exceptuando las Sierras Pampeanas.

La vegetación natural dominante es de bosques, arbustos y pastizales. En la transformación del material originario la presencia de la biósfera es fundamental, ya que la mayoría de la energía acumulada en la fotosíntesis es liberada en la descomposición de la materia orgánica y aprovechada en las reacciones físico-químicas. Los productos

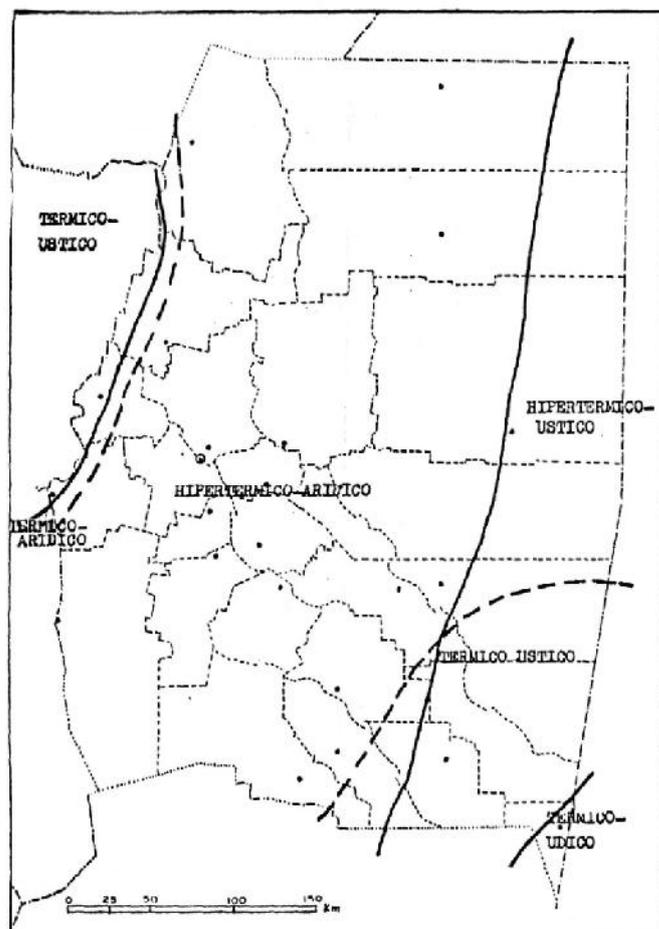
de la descomposición de la lignina, celulosa, proteína, se combinaron con los iones y son agentes en la translocación de estos.

La precipitación que efectivamente penetra reacciona con las partículas minerales del material originario, disuelve algunos constituyentes, los remueve y los deposita en partes más profundas del perfil, de esta forma la masa del material original se va diferenciando en capas u horizontes. Los vientos y las altas temperaturas de la provincia favorecen la evapotranspiración, reduciendo el agua de percolación y la diferenciación del material originario, por esta razón la mayoría de los suelos son poco desarrollados. Además, las altas temperaturas favorecen la actividad de microorganismos, que descomponen y mineralizan rápidamente la materia orgánica, impidiendo su acumulación.

El clima dominante según la clasificación de Thornthwaite, corresponde al Tipo DB'4 da', Semiárida, nulo o pequeño exceso de agua, Mesotermal elevado, con precipitaciones concentradas en el período estival, y alta variabilidad interanual. Para Santiago del Estero, van Wambeke (1972) y van Wambeke y Scoppa (1975), clasificaron los regímenes de humedad: Arídico, Ustico y Údico, y los regímenes de temperatura: Hipertérmico y Térmico (Fig. 3.4).

El Régimen de Humedad se encuentra dentro de un régimen de humedad edáfica de tipo Arídico, que sólo se interrumpe hacia el este por el Ustico y en sudeste por el Udico aún de mayor contenido de humedad. El régimen Arídico implica que el suelo está en la mayoría de los años seco cuando la temperatura es mayor a 8°C y no está húmeda por más de 90 días consecutivos. El Ustico depende de la temperatura media anual del suelo: si es mayor de 22° C o si la diferencia entre verano e invierno es menor de 5°C, el suelo está seco por más de 90 días consecutivos. El Údico está seco menos de 90 días cumulativos.

En cuanto al Régimen de Temperatura de los suelos, es Hipertérmico en la mayor parte del territorio, excepto en el oeste y el sureste que es Térmico de menor temperatura. La temperatura media anual es de 22°C o mayor y la diferencia entre verano e invierno es mayor que 5 °C, y en el Térmico la temperatura es de 15°C o mayor pero menor de 22°C y la diferencia entre la media de verano e invierno es mayor de 5°C.



Regímenes de Humedad

Árido: húmedo menos de la mitad del tiempo (cumulativo) en que la Temperatura es > de 5° C.

Ústico: seco más de 90 días cumulativos y húmedo más de la mitad del tiempo (cumulativo) en que la Temperatura es > de 5° C.

Údico: seco menos de 90 días cumulativos.

Regímenes de Temperatura

Térmico: Temperatura media anual entre 15 – 22°C.

Hipertérmico: Temperatura media anual 22° C.

Fig. 3. 4 Regímenes de humedad y temperatura de los suelos de Santiago del Estero Fuente van Wambeke y Scoppa (1975)

3.5.3.2 Caracterización y distribución geográfica de los suelos

Considerando los antecedentes de reconocimiento de suelos efectuados por la Dirección de Minería y Geología de la provincia (1981), PERD (1981), Boetto *et al.*,(1980), Boetto (1986, 1994), Vargas Gil (1990), Angueira y Vargas Gil (1993), Angueira y Zamora (2007) y Angueira (2007), se determinaron los suelos a nivel de reconocimiento para cada unidad y subunidad geomorfológica.

En la Provincia de Santiago del Estero se presentan como dominantes los Ordenes: Alfisoles, Aridisoles, Entisoles y Molisoles. Se presentan las descripciones morfológicas, las propiedades físico-químicas relevantes para la clasificación taxonómica de suelos (USDA, 1975, 1981, 1999), que servirá de base técnica para evaluar las potencialidades y limitantes que tiene el suelo para el uso múltiple.

Alfisoles

Son suelos de escasa extensión en la provincia, presente en las llanuras de inundación activa del Río Salado y Dulce, en las áreas de derrame del Río Salado y en la Depresión de Mar Chiquita asociados a Salortides. Los Subórdenes principales son: **Acualfes**, **Ustalfes**, y **Udalfes**.

Los **Acualfes** presentan un epipedón ócrico o úmbrico y un horizonte argílico. El agua está retenida a succiones menores de 15 bares durante por lo menos 3 meses. La capa freática cercana a la superficie o la baja conductividad hidráulica del horizonte argílico extiende el proceso de saturación. Presenta moteados y concentraciones de Fe y Mn. Algunos poseen en el horizonte de acumulación una elevada saturación de Na en el complejo de intercambio Natracualf.

Los **Ustalfes** son suelos dominados por procesos de translocación de arcilla sin pérdida importante de bases, masivos y duros cuando están secos, con buena aptitud agrícola si no están afectados por salinización o sodificación.

Los **Udalfes** tienen un horizonte superficial somero y un argílicoa con débil salinidad o sodicidad, imperfectamente drenados y moderadamente profundo, se presentan en relieves planos o en vías de escurrimiento, poseen aptitud ganadera y son marginales para la agricultura.

Aridisoles

Son suelos secos por períodos prolongados del año y/o salinos con capa freática alta. Se desarrollan en zonas donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación, manifestando un déficit hídrico importante para el desarrollo de la vegetación.

Se los ha identificado en amplias zonas de la provincia, Piedemonte Pampeano y en la Llanura Aluvial del Salado, en el Paleoabanico aluvial, en la Depresión de las Salinas, en la Llanura Aluvial del Río Dulce en sus componentes salinos.

Los Aridisoles muestran una débil pedogénesis, el horizonte superficial ócrico presenta bajo contenido de materia orgánica, color claro, textura franca, débil estructuración, consistencia blanda, ni dura ni masiva cuando está seco. El horizonte sub-superficial es el resultado de la translocación y acumulación de sales, carbonatos y arcilla. Dentro de éste orden, se distinguen en Santiago del Estero los subordenes **Ortides** y **Argides**:

Los **Argides** son aquellos que tienen un horizonte subsuperficial argílico, nátrico, petrocálcico o la presencia de una duripan. Los **Ortides** tienen un horizonte de acumulación de sales solubles en los 75 cm de profundidad y están saturados de agua durante un mes o más en la mayoría de los años. Otros tienen un duripan u horizontes sálico, cálcico, gípsico, petrocálcico, petrogípsico, o cámbico

Los Ortides son suelos sin horizonte argílico o nátrico. En el suborden Ortides se han reconocido **Salortides**, **Calciortides** y **Cambortides**.

Los **Salortidestípicos** están localizados en depresiones saturadas de agua una parte del año dentro del metro de profundidad, en las Llanuras de inundación activa del Río Dulce y Salado, en las Depresiones de las Salinas de Huyamampa, y en la Depresión de Mar Chiquita.

Presentan un horizonte salino a pocos cm de la superficie, con moteado debido a la segregación de hierro, la napa freática satura el suelo durante gran parte del año. La presencia de sales disueltas incrementa la presión osmótica y hace al suelo fisiológicamente seco.

En los **Salortidesacuólicos** el contenido de materia orgánica es más alto que en el típico. Se los ha reconocido en las Llanuras de inundación activa del Río Salado, Dulce y de la Planicie Santafesina Remanente.

En la Bajada Distal de Piedemonte y en la Planicie Residual se han identificado **Calciortidestípicos**. Estos suelos resultan de un material originario con alto contenido de carbonatos, donde las precipitaciones son insuficientes para removerlos de los

18cm.El horizonte sub-superficial es cálcico: no están saturados por 90 días consecutivos o más en 1 m de profundidad.

Entisoles

Son suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogénéticos, excepto un epipedón ócrico. Este escaso desarrollo es resultado del material originario inerte, pendientes pronunciadas activamente erosionadas, escasas precipitaciones o falta de tiempo para su maduración. Los subordenes identificados en la provincia de Santiago del Estero son: **Acuentes**, **Psamentes**, **Fluventes** y **Ortentos**.

En la llanura aluvial del Río Dulce se presentan **Psamentes** que son suelos con un horizonte superficial ócrico y textura arenosa en todo el perfil.

En las Planicies de Inundación de los Ríos Salado y Dulce y en los pantanos con drenaje pobre, se localizan los **Fluventes**. Son suelos inundados frecuentemente, pero no permanecen saturados todo el año. La textura es arenosa-franca o más fina. El material es estratificado. Los sedimentos aluviales son ricos en carbono orgánico, generalmente asociados a la fracción arcilla. El porcentaje de materia orgánica varía irregularmente con la profundidad, dependiendo de la fracción granulométrica presente.

Los **Ortentos** aparecen en relieves recientemente erosionados, localizados en el alto Ambargasta-Sumampa y la Elevación Guasayán-Recreo. Existe un contacto lítico a poca profundidad. La textura es franca o más fina. La materia orgánica se distribuye regularmente.

Molisoles

El orden Molisoles tiene gran significancia por cuanto ocupa una superficie importante de la provincia. Se disponen en las áreas que reciben mayor aporte hídrico por precipitaciones o escurrimiento superficial. En la Bajada Proximal del Piedemonte Subandino-Pampeano, Llanura Aluvial del Salado en su Paleoabánico Aluvial, la Llanura de Inundación activa en la Depresión de las Salinas y en la mayor parte de la Planicie Santafesina Remanente.

Son suelos más o menos desarrollados y húmedos más de 3 meses en el año (cumulativo). Poseen un epipedón mólico, oscuro, más de 1% de materia orgánica, 50% o más de saturación de bases. De textura franco-limosos a arcillo-limosos. Moderada a fuerte estructuración. Bien a moderadamente drenados. El horizonte subsuperficial puede ser cámbico, argílico, nátrico o cálcico.

Los Molisoles identificados en la provincia corresponden a los subordenes: **Alboles**, **Acuoles**, **Ustoles** y **Udoles**. De los Ustoles la mayoría son **Haplustoles** y en menor superficie **Argiustoles**.

Los **Haplustoles** están ubicados en relieves positivos, en las bajadas del Piedemonte Subandino Pampeano, en la Planicie Santafesina Remanente y en Paleobanico aluvial del Río Salado. Estos son suelos de escaso desarrollo, moderadamente profundos, con un epipedón mólico, un horizonte con poca meteorización, con un incremento de arcilla sin llegar a ser una capa arcillosa, todo el perfil es franco-arcillo-limoso. Bien drenado, no hay problemas de encharcamiento. Con cierta acumulación de sales o carbonatos.

Algunos son muy calcáreos, **Haplustoles énticos** o con horizonte salino a poca profundidad y una capa freática fluctuante, **Haplustoles salortídicos**.

Los **Argiustoles** aparecen en los llanos próximos al límite entre Santiago del Estero y Santa Fé, son suelos mejor expresados. Se desarrollan sobre sedimentos modernos, con pendiente menor a 1%, en microdepresiones casi imperceptibles. El horizonte superficial es pardo oscuro, bien provisto de materia orgánica, seguido de una capa arcillosa, horizonte argílico. Moderadamente bien drenados. Escurrimiento lento en **Argiustoles típicos**.

Asociado en las microelevaciones existen suelos imperfectamente drenados, con un horizonte lavado, poroso, blanquecino, seguido de un fuerte horizonte de arcilla bien estructurado con tendencia columnar, **Argiustoles ustálicos**.

En la Tabla 3.3 se muestra la distribución geográfica de los Subgrupos de suelos que dominan en cada una de las unidades y subunidades geomorfológicas.

Tabla 3.3 Distribución geográfica de los suelos en las Unidades y Subunidades Geomorfológicas de Santiago del Estero

Unidades Geomorfológicas	Clasificación Taxonómica de Suelos	Limitantes
Piedeonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas (P)		
Bajada Proximal	Argiustoles típicos, Haplustoles típicos	C
Bajada Distal	Haplustoles típicos, Argiustoles típicos,	C
Alto Guasayán Recreo (U)		
Afloramientos rocosos	Ustortentes líticos, Haplustoles líticos, Argiustoles líticos	P, Ped, Pro
Abanicos aluviales	Haplustoles típicos, Ustortentes típicos, Argiustoles acuicos	C, D_exc
Depresión de Choya Planicie reactivada	Natracuofes típicos, Natracuoles típicos Haplustoles típicos, Haplustoles énticos	C
Llanura de inundación activa	Natracuofes típicos, Ustifluventes típicos, Ustifluventes ácuicos	Sa, D_imp
Alto de Ambargasta Sumampa (A)		
Afloramientos rocosos	Ustortentes típicos, Haplustoles énticos, Roca	P, Pro
Bajada Proximal	Haplustoles típicos, Haplustoles énticos	C, D_exc
Llanura Aluvial del Salado (S)		
Paleoabanico Aluvial	Haplustoles arídicos, Argiustoles arídicos, Ustipsamientos típicos	C, D_exc
Paleollanura de inundación	Natracuofes típicos, Ustifluventes típicos, Ustifluventes acuicos	Sa, D_imp
Llanura de inundación activa	Haplustaltes vérticos, Natracuofes típicos, Ustifluventes acuicos	D, So
Areas de Derrame	Natracuofes típicos, Natracuoles típicos	So, A
Depresión de las Salinas	Torrifluventes típicos, Haplustoles arídicos	Sa, D
Llanura de inundación temporariamente activa	Haplustaltes vérticos, Natracuofes típicos, Ustifluventes acuicos	D, So
Areas afectadas por deflación	Haplustoles típicos, Argiustoles típicos	C
Llanura aluvial del Dulce (D)		
Paleocauces	Haplustaltes vérticos, Natracuofes típicos, Ustifluventes acuicos	D, So
Paleollanura de inundación	Haplustoles típicos, Ustifluventes típicos	C, A, S
Llanura de activación activa	Complejo indeterminado	I, Sa, So
Depresión Tectónica de Mar Chiquita	Natracuofes mólicos, Fluvacuofes típicos, Natracuoles típicos, Lagunas	I, Sa, So
Paleollanura de inundación	Haplustoles salortídicos, Haplustoles énticos	Sa, C, D_exc
Areas con enmascaramiento por acción antrópica	Haplustoles típicos, Haplustoles énticos	C
Planicie Santafesina Remanente (R)		
Planicie Residual	Haplustoles típicos, Argiustoles údicos	C
Llanura de Inundación activa	Salortídes acuólicos, Ustifluventes típicos	A, So
Areas con deflación	Haplustoles énticos, Haplustoles típicos	C
Bajos anegadizos	Natracuofes típicos, Natracuoles típicos	Sa, A
Vertientes coluviales	Haplustoles énticos	C
Ambiente de las Salinas Grandes Ambargasta (N)		
	Complejo salino	Sa

Limitaciones: A: anegamiento, C: clima, D: drenaje, D_exc: drenaje excesivo, D_imp: drenaje imperfecto, I: Inundación, P: pendiente, Ped: pedregosidad, Pro: profundidad, Sa: salinidad, So: Sodicidad.

3.5.4 Clima

Según la clasificación de Thornthwaite del Clima, Santiago del Estero tiene los siguientes tipos de climas: DB'4da' Semiárido-mesotermal, DA'da'. Semiárido-megatermal, C1B'4da' Subhúmedo-seco mesotermal, C1B'3da'. Subhúmedo seco-mesotermal intermedio.

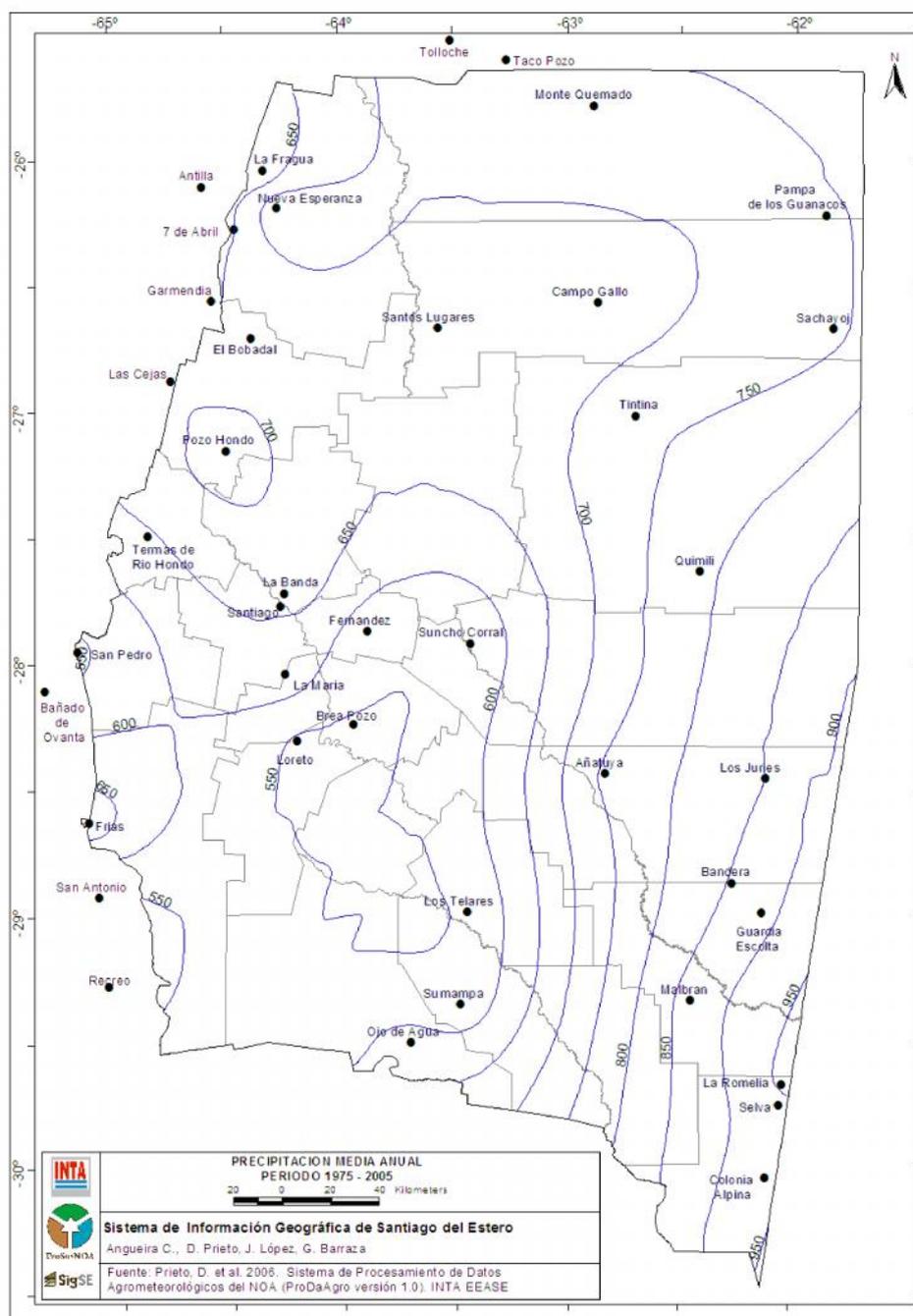


Fig. 3.5 Precipitaciones media anual (Fuente: Prieto *et al.*, 2006, en Angueira *et al.*, 2007)

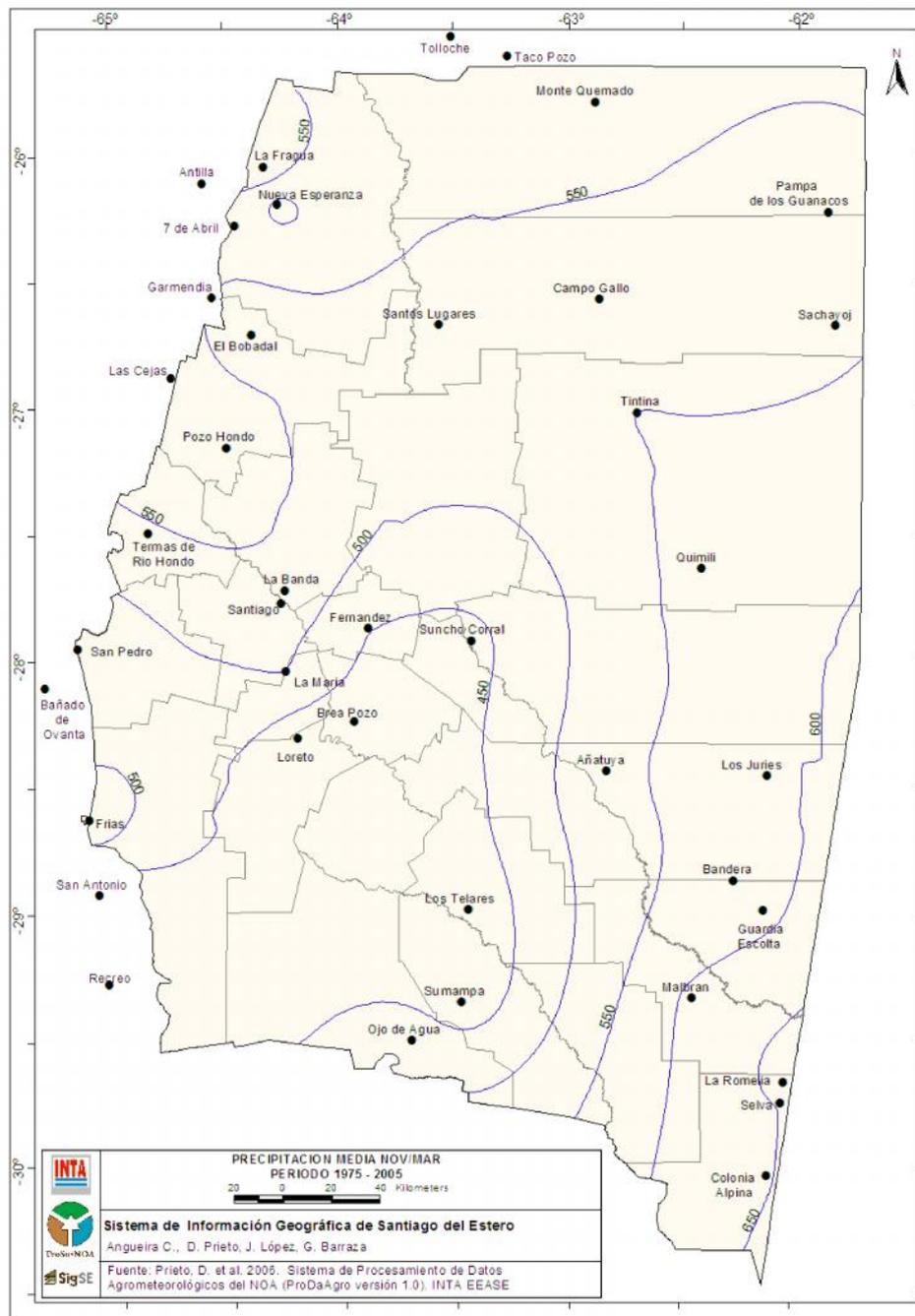


Fig. 3.6 Precipitación media noviembre-marzo (Fuente: Prieto *et al.*, 2006 en Angueira *et al.*, 2007)

La Precipitación anual varía de 500 a 800 mm. Las mayores precipitaciones (800 mm/año) se producen en el sudeste disminuyendo hacia el centro (550 mm) y aumentando nuevamente hacia el oeste (600 mm) (Fig. 3.4). Otra característica importante de la precipitación de esta región, es su estacionalidad, con 80 % de la lluvia anual de Noviembre a Marzo (Fig. 3.5), y su alta variabilidad interanual, característica de las regiones semiáridas, que se acrecienta en los meses de la temporada de lluvia.

La evapotranspiración media anual supera los 1400 mm en toda la provincia, incrementándose hacia el norte y en el centro-oeste los valores máximos, 900 mm (Fig. 3.6). El balance hídrico medio de la estación lluviosa (noviembre-marzo) es también negativo (Fig. 3.7), aunque a nivel mensual en el sudeste llegan a registrarse algunos meses con excesos.

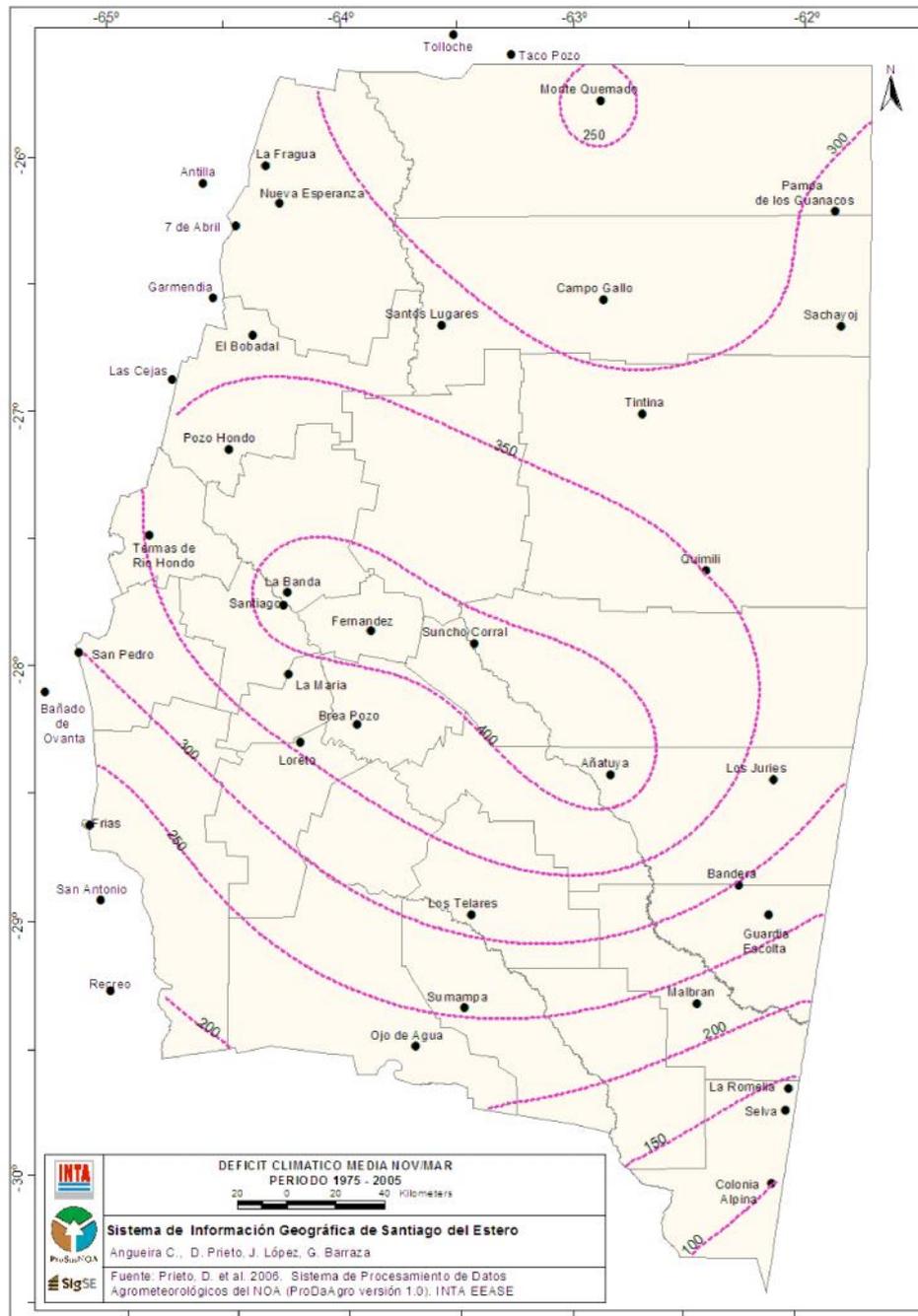


Fig. 3.8 Deficit climático medio noviembre-marzo (Fuente: Prieto *et al.*, 2006, en Angueira *et al.*, 2007)

La humedad relativa generalmente baja, o lo que es lo mismo un déficit de evaporación alto, lo que explica la alta evapotranspiración conjuntamente con los vientos calurosos y secos del NE, que son los dominantes seguidos por los del Sur que son generalmente beneficiosos porque provocan lluvias del tipo frontal. Los meses de mayo y junio son los de menor frecuencia de vientos mientras que agosto y setiembre los más ventosos. La mayor velocidad media mensual del viento es en agosto setiembre y octubre (11 km/h) y la mínima en mayo y junio (7 km/h).

La nubosidad del territorio tiene poca amplitud, los datos medios indican una media anual de 259 días claros (971%) y 105 días nublados (29%). La heliofanía media anual es de 69% de las horas de sol posibles que tiene la provincia por su latitud.

El período libre de heladas va de 285 días en el sur a 310 días en el norte. Las heladas pueden ocurrir de mayo a agosto, ocurriendo con baja probabilidad heladas tardías en septiembre y octubre. La fecha probable de primer helada es entre 15 y 21 de Junio, el de última helada, 15 al 21 de Agosto. La frecuencia media mensual de días con heladas es: mayo 0,6; junio: 2,5; julio: 4,1; agosto: 1,8 y septiembre: 0,2.

Materialles y Métodos

CAPÍTULO IV

4 MATERIALES Y METODOS

4.1 Área de estudio

El ecosistema Chaco semiárido es una planicie sedimentaria caracterizada por sedimentos superficiales horizontales pero fracturados y dislocados en profundidad (Martín, 1990). Una depresión, con la posterior acumulación de sedimentos durante el Terciario, fue seguida por un levantamiento acompañado por fuertes plegamientos y fallas paralelas y transversales (Abitbol, 1997; Martín, 1999; Peri y Rosello, 2010). La red fluvial, y la depresión de Mar Chiquita fueron formadas en el Pleistoceno tardío y cubierto por sedimentos eólicos (Sayago, 1995; Carignano *et al.*, 2014). Estos procesos fisiográficos determinaron cambios en los sistemas de los ríos Salado y Dulce. El Río Dulce formó abanicos aluviales complejos (Martín, 1994; Barbeito y Ambrosino, 2007) y su canal principal se supone que se desplazó hacia el sur a las Salinas de Ambargasta Sumampa o conjuntamente con el Río Salado a Mar Chiquita, hasta alcanzar la actual posición (Martín, 1999).

El área de estudio de 8.800 km² está localizada en el suroeste del Chaco semiárido, en la provincia de Santiago del Estero en Argentina, entre 27°30'-28°35'S y 63°45'-64°35'W, datum WGS-84 (Fig. 4.1). El clima según la clasificación de Thornthwaite es DB'4da' y se puede describir como semiárido, con o sin exceso de agua, mesotermal, con la precipitación concentrada durante los meses de primavera-verano. El paisaje que se observa es una planicie fluvio-eólica de pendiente suave desde el oeste al noreste, este y sureste, y exhibe un conjunto de geoformas resultado de procesos exógenos y endógenos. Comprende parte de la planicie fluvio-eólica del piedemonte y las planicies de los ríos Dulce y Salado con antiguos y actuales meandros característicos de los cauces de superficies con escasa pendiente y energía.

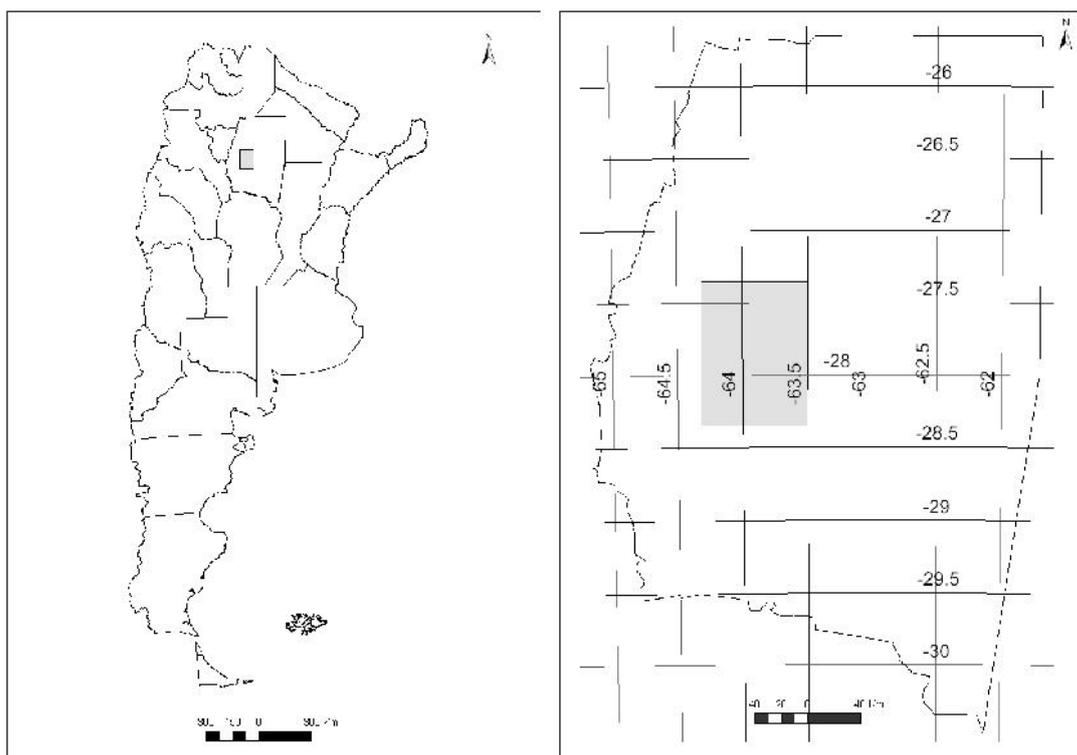


Fig. 4.1 Ubicación del área de estudio en la provincia de Santiago del Estero, Argentina

4.1.1 Rasgos fisiográficos

El área de estudio forma parte del Dominio fitogeográfico Chaqueño (Cabrera, 1976), denominado Chaco Americano por Morello *et al.* (2006), y específicamente, del Chaco Semiárido y el Chaco Aluvial. Comprende dos de las grandes Regiones Naturales en las que Vargas Gil (1988) subdividió la región chaqueña: Chaco Semiárido y Aluvial (Fig.3.1).

El Chaco Semiárido consiste en una planicie relativamente uniforme, compuesta por llanuras estabilizadas y anegables. Por su parte, el Chaco Aluvial corresponde a los depósitos aluviales y áreas de influencia de los ríos Dulce y Salado como la llanura aluvial actual junto con terrazas y formas menores. Al oeste limita con una tercera región, es el Umbral al Chaco, que consiste en una faja angosta discontinua que separa la llanura chaqueña del relieve de las Sierras Subandinas y Sierras Pampeanas, y que está constituida por los tramos finales de los planos inclinados que se proyectan de las sierras y por las llanuras estabilizadas relativamente altas del ambiente chaqueño.

Respecto a los grandes ambientes geomorfológicos, el área de estudio forma parte de las unidades siguientes (DIGID, 1979, Angueira, 1986, 2007) (Fig. 3.2 y Fig. 3.3).

1) Piedemonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas (P): Consta de la subunidad Bajada distal, que representa una planicie suavemente inclinada y la subunidad Paleobajada distal, ambas con depósitos eólicos superficiales.

2) Elevación Guasayán Recreo (U), con la subunidades Planicie reactivada y Abanicos aluviales que comprende la porción sur del mega abanico aluvial del Río Salí-Dulce.

3) Llanura Aluvial del Río Dulce (D) con las subunidades Paleollanura de inundación y Llanura de inundación activa, ambientes que ocupa la parte oriental más plana con pendiente regional hacia el sudeste.

Piedemonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas

La configuración de las Sierras Pampeanas Ancasti, El Alto y Guasayán, producto de los fenómenos de fractura y sobre elevamiento Plio-Pleistocénicos, dieron lugar a una serie de fallas menores, siendo importante la Falla de Huyamampa de rumbo norte-sur. Esta fractura forma un resalto vertical de 150 m, relleno por los sedimentos transportados por el agua y el viento y que forma un abanico aluvial que se extiende aproximadamente 30 km al norte, 45 Km al sur y 50 km al este. La pendiente general es de 1‰, con una altitud media de 195 msnm por el frente de la falla que desciende hacia el este y el sur hasta 150 msnm (PERD, 1982).

La Subunidad Bajada distal constituye un bloque del antiguo basamento suavemente inclinado hacia el este y cubierto por potentes depósitos eólicos de textura franco a franco limosa. Estos depósitos tienen una distribución regional que excede el ámbito de la zona de trabajo hacia el norte y el sur.

La pendiente regional es del orden del 5‰, el escurrimiento de medio a lento, no tiene micro relieve y el suelo no presenta, o es mínimo, el desarrollo de horizontes genéticos. Posee una débil incorporación de materia orgánica en su horizonte superficial, una salinización débil a moderada y una alcalinización en profundidad en situaciones naturales. La margen oriental de esta gran unidad geomorfológica coincide con un cambio abrupto en la pendiente debido a la actividad tectónica mencionada, observándose mayores pendientes, hasta un 7‰, en una estrecha faja norte-sur coincidente con la falla.

En todo el oeste del área de estudio, la napa freática se encuentra a una profundidad de aproximadamente 30 metros, mientras que al este, en las proximidades de la Llanura aluvial del Río Dulce donde el gradiente regional es de 1‰, la napa freática oscila entre 1 a 3 m de profundidad.

Elevación Guasayán Recreo (U)

El Abanico aluvial del Río Dulce pertenece a la unidad Elevación Guasayán Recreo (U), se localiza en la porción centro-este del área de trabajo y geomorfológicamente corresponden a un sector de las fajas suroeste, noreste, centro y este del Cono aluvial del Río Dulce o de Santiago del Estero (Martín, 1994). La génesis de este abanico aluvial, semejante a otros existentes en la llanura central del país, se produce cuando el curso principal del Río Dulce, que llega desde el noroeste a través del Bajada distal del Piedemonte de las Sierras Subandino y Pampeana, se encuentra abruptamente con un cambio de pendiente a la altura de la Falla de Huyamampa. A partir de ahí disminuye, su poder de arrastre predominando los procesos de acumulación sobre los de transporte de sedimentos. Dicha acumulación da lugar a cambios frecuentes de rumbo, generando una forma de abanico a partir de un vértice, porción apical que se encuentra en el área donde está situada la ciudad de Santiago del Estero (PERD, 1982), (Martín, 1994, 1999).

Los sucesivos cambios de rumbo del cauce principal o de los secundarios han sido naturalmente acompañados por la erosión y sedimentación propias del ciclo fluvial, generando un patrón de distribución de materiales extremadamente intrincado y complejo. En el área fluvial se produce la superposición de las diferentes facies de acuerdo a los sucesivos cambios de posición de los paleocauces en la Llanura de inundación activa del río. La parte proximal se caracteriza por materiales gruesos que estaban en suspensión o rodando, también por acumulación de materiales se produce con frecuencia avulsamiento y cambio rumbo, generando un patrón intrincado de cauces viejos enmascarando los cauces individuales. Los cauces abandonados de forma semilunar o lagunarestán rellenos con material turboso, sedimentos finos y tienen drenaje imperfecto. Las barras en el borde exterior de los meandros presentan material grueso y drenaje bueno. Los albardones tienen materiales gruesos ocurridos que se corresponden con la parte más alta y presentan drenaje excesivo. Durante los desbordes se producen rupturas del albardón y deltas de desplazamiento. En las cubetas que permanecen más tiempo inundadas en el límite del valle o las terrazas, se depositan los materiales finos y el drenaje es imperfecto malo a muy malo.

Llanura Aluvial del Río Dulce (D)

Más abajo hay terreno más amplio para los cambios de cauces y es posible distinguir cauces individuales. Éstos se desbordan en tiempo de creciente causando un flujo laminar cuya velocidad disminuye al salir del lecho y donde las fracciones gruesas se depositan cerca mientras que las finas son llevadas más lejos a los terrenos bajos. Esta sedimentación diferencial se observa en las partes del abanico inferior. Hay fajas de textura arenosa, fajas con sitios donde antiguamente corría un río y que ha dejado materiales livianos en forma de albardones o diques naturales. Una erosión superficial en forma laminar fue suavizando los rastros agudos de la sedimentación aluvial. Se formaron caños y algunos se rellenaron con materiales finos producto de la erosión laminar y del drenaje deficiente acumuló materia orgánica. Esta complejidad en el trazado y determinación de los componentes es más evidente aún por la presencia de las fases salinas, salino sódicas de los suelos inducidas por el riego.

En la napa de explayamiento, al sur del mega abanico distal del Río Dulce, el patrón de sedimentación ya sigue una alineación paralela de los distintos cauces, continuando la sedimentación aluvial que empieza con los abanicos. Los cauces y los albardones están más alejados entre sí y separados por zonas bajas donde las aguas de inundación se acumularon sedimentando los materiales finos en suspensión. El patrón de sedimentación es similar a los deltaicos debido a la curva de remanso que se genera.

Los dique-cañada o albardón-cauce se formaron en condiciones muy húmedas, que terminando el Pleistoceno cambiaron a climas secos donde la fuerte acción del viento resultó en depósitos de loess y arena fina al este de esta llanura. Los meandros abandonados y colmatados son muy grandes y representan el caudal antiguo de esos caños, siendo la transformación de los ríos visible al observar meandros muy pequeños en los caños.

La geomorfología refleja la naturaleza de los materiales originarios, las formas del relieve y los procesos que han dado lugar a éstos. Estas formas o combinaciones se han identificado en las imágenes satelitales a escala 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000 y 1:500.000, como los factores naturales o elementos de mapeo de suelos. Se han reconocido además los patrones antrópicos sobre las imágenes satelitales y sobre las planchetas catastrales digitalizadas a escala 1:10.000 (Angueira y Prieto, 2003, Angueira *et al.*, 2007). Éstos comprenden tamaño y distribución de las fincas, uso del suelo y procesos de salinización y alcalinización por riego. La interacción de estas observaciones sería la base para la creación de las fases del suelo zonal a escala de semidetalle, en las delineaciones del sector eólico del oeste.

Por otra parte, en la porción de la Llanura de inundación activa del Río Dulce y en la Paleollanura de inundación, además de los patrones antrópicos indicados, se observa una innumerable difusión de formas fluviales menores combinadas. La individualización de estas formas fluviales menores resulta importante al incorporar nuevas áreas al riego por gravedad (Angueira y Zamora, 2007). En algunos lotes regados, en lotes abandonados y bosques cercanos se presentan procesos de alcalinización y/o salinización secundaria en diverso grado, en función de las condiciones naturales y de las modalidades del manejo del agua de riego, tamaño de

predios, época de riego, tipo de cultivos y volúmenes de agua. Por su parte, en las regiones semiáridas, como la provincia de Santiago del Estero, no existen excesos de lluvia suficientes para lavar las sales, por lo que los productos de la meteorización del material original permanecen en el perfil de suelo y en condiciones naturales se produce, a una cierta profundidad, una mayor concentración de sales. Esto se incrementa cuando hay riego en exceso y en defecto.

En los suelos irrigados, cuando desciende el agua por el perfil de suelo, arrastra las sales en profundidad, teniendo así un efecto positivo inicial. Cuando se producen excesos de agua de riego, la capacidad de drenaje es superada y la napa freática asciende en el lote regado y en la zona periférica, elevando nuevamente las sales hacia la zona de crecimiento de las raíces. Las plantas absorben el agua, que es evapotranspirada como agua pura y las sales quedan en el suelo aumentando así la concentración de sales en el suelo. Este proceso de secado-mojado se alterna invierno-verano en los lotes abandonados y bosques próximos. Por lo tanto, en las áreas regadas, la salinización se presenta en aquellos lugares donde predomina el movimiento ascendente del agua sobre el descendente, tanto a nivel de finca como a nivel regional. Los sectores altos son los lugares más expuestos. Los sectores cercanos a las acequias, hijuelas y represas son otros lugares de concentración de sales que responden al principio de predominancia del flujo ascendente.

En las unidades cartográficas 1P y 2P, donde la napa freática se encuentra profunda, el proceso de salinización y alcalinización se da por pequeñas diferencias positivas de relieve y por derrames desde las conducciones de agua. Por su parte, en las unidades identificadas con los símbolos 3P la salinización y alcalinización se origina por el ascenso capilar desde la napa freática cuya profundidad varía estacionalmente entre 1.5 a 3.5 m.

En las áreas sometidas a un intenso regadío, identificables en los planos catastrales como minifundios, la recarga de la napa freática es mayor ocasionando un ascenso muy significativo con las consecuencias apuntadas. Cuando los procesos de alcalinización son significativos con valores superiores al 15% de sodio de intercambio,

subsuperficial o superficial, se pueden crear las fases correspondientes. Los relieves positivos dentro de las fincas, suelen salinizarse porque el agua del riego por gravedad no llega normalmente y en consecuencia, no predomina el flujo descendente del agua. Esto proceso se observa en los albardones, a pesar de tener suelos más permeables. Los planos cóncavos pueden tener también acumulación de sales acarreadas desde las partes altas del relieve.

Aunque su influencia es intensa en algunos sectores, los efectos perjudiciales de las pérdidas en los canales de riego no son importantes en cuanto a la superficie afectada. En este sentido, en la zona de estudio se determinó un área afectada por pérdidas del antiguo canal San Martín, ubicado en la unidad identificada con el símbolo 2P.

Los sectores con bosque natural dentro de un área intensamente irrigada y también las fincas no regadas suelen presentarse intensamente salinizadas y/o alcalinizadas en sectores con la napa freática alta, debido al ascenso capilar. En estas áreas la salinización y alcalinización se infiere por la presencia de halófitas con diverso grado de desarrollo según la intensidad de la demanda atmosférica (Prieto *et al.*, 2000, Prieto, 2006).

En la Llanura de inundación activa y en la Paleollanura de inundación, la presencia en profundidad de arenas de cauces antiguos determina que estos suelos aptos para riego no son afectados por salinización. La excepción se observa cuando en profundidad existen capas u horizontes más arcillosos. La presencia de perfiles completos de suelos sobre lechos arenosos, como en el caso de Santa Rosa y Maquito y otros en la P4, favorecen el drenaje, evitando la salinización o alcalinización. Son factores de salinización y alcalinización, como en el suelo Manogasta, la presencia de horizontes arcillosos dentro de la zona de actividad radical, en especial cuando la napa freática está próxima a la superficie. También pueden ser afectados por napa alta las áreas con suelos desarrollados sobre materiales eólicos, como el suelo La María y sus fases, por la homogeneidad de su granulometría, por poseer abundante limo y carecer de lechos arenosos en profundidad.

4.1.2 Clima

El área de estudio, según la clasificación de Thornthwaite, corresponde al Tipo DB'4 da', Semiárida, nulo o pequeño exceso de agua, Mesotermal elevado, con precipitaciones concentradas en el período estival, nulo o pequeño exceso de agua y alta variabilidad interanual, que provoca limitaciones importantes para alcanzar rendimientos continuos de cultivos y pasturas sin riego.

La Tabla 4.1 muestra la información meteorológica que caracteriza a la zona de estudio. Consigna valores promedios de la Estación Agrometeorológica 6052-La Banda (Acuña 1987) para el período 1937-1987: Temperatura media mensual (TM), Humedad relativa media (H), Viento a 2 m de altura (V), Heliofanía efectiva (Helio), Radiación, Evapotranspiración (EPT), Precipitación (P), Precipitación efectiva (PE) y Déficit ajustada según el método del (USDA-SCS1975) que se utiliza al calcular el balance hídrico por cultivo.

Tabla 4.1 Balance Hídrico mensual de La Banda (Depto. La Banda) Latitud 27° 45'S, Longitud 64° 15' O (WGS-84), Altitud 187 m

Mes	TM (°C)	H (%)	V (km/día)	Helio (h)	Radiación (w/m ²)	EPT (mm/mes)	P (mm/mes)	PE (mm/mes)	Déficit (mm/mes)
Enero	26.4	67	73	8.2	6.0	172	113	88	88
Febrero	25.1	70	73	7.5	5.4	156	96	78	59
Marzo	23.5	74	66	6.2	4.3	120	85	32	35
Abril	19.4	74	63	5.5	3.1	87	35	13	52
Mayo	16.4	75	63	4.9	2.1	63	14	8	49
Junio	12.9	75	55	4.9	1.7	51	8	5	43
Julio	12.7	70	63	5.4	1.8	57	5	2	52
Agosto	14.6	61	73	6.6	2.6	84	2	13	82
Setiembre	17.2	57	85	6.6	3.6	114	13	29	101
Octubre	21.0	59	87	7.5	4.8	147	31	29	116
Noviembre	24.2	61	85	7.8	5.6	168	69	59	99
Diciembre	25.8	63	79	8.2	6.0	180	81	68	99
Anual	19.9	67	72	6.6	3.9	1419	552	465	552

TM: Temperatura media mensual (°C), H: Humedad relativa media (%), V: Viento a 2 m de altura (km/día), Helio: Heliofanía efectiva (h), Radiación (w/m²), Precipitación (P), Precipitación efectiva (PE)

La temperatura media de la zona muestra que es una zona cálida con una temperatura media anual de casi 20°C. Los meses de primavera y verano ofrecen valores de temperatura medios superiores a 20°C, alcanzando valores medios superiores a 25°C en los meses de diciembre, enero y febrero. Por su parte, los registros más fríos se alcanzan en los meses de junio y julio con valores que no llegan a 13°C.

La precipitación anual media es de 552 mm. Las lluvias comienzan en la segunda mitad de la primavera y se prolongan hasta fin del verano. Son de tipo frontal como consecuencia del choque de masas de aire de distinto origen.

La humedad del aire, expresada como humedad relativa media en porcentaje, es más alta en el otoño provocado por la presencia de lluvias y las bajas temperaturas, alcanzando valores de hasta 75%. En primavera la humedad disminuye por las temperaturas diurnas más elevadas alcanzando valores mínimos inferiores al 60%.

Los vientos predominantes son del noreste, cálidos o templados, con medio o alto contenido de humedad. Los vientos que vienen del sur originan lluvias del tipo frontal. La velocidad del viento, referida a medias diarias expresada en km/día, es mayor en los meses de primavera con valores que alcanzan hasta los 87 km/día, siendo mínima en invierno con 55 km/día.

La heliofanía efectiva que muestra la insolación o brillo solar expresada como horas de luz por día, tiene sus valores extremos en diciembre y enero con valores superiores a las 8 horas al día. En cuanto a la nubosidad es alta en el otoño y verano, siendo nula a escasa en invierno.

Para una mejor caracterización climática de la zona, se dispuso además de numerosas estaciones pluviométricas y series de precipitación mensual integrado en una base de datos (Prieto *et al.*, 2006), que se habían elaborado en el convenio INTA-SAGPyA (2009) para la elaboración de los mapas de riesgo agroclimáticos con mapas de déficit hídricos y de rendimientos relativos obtenibles con diferentes probabilidades de los principales cultivos extensivos soja, maíz, algodón y trigo (Prieto *et al.*, 2006,

Angueira *et al.*,2007). Este Balance Hídrico arroja un déficit hídrico mayor en los meses de agosto a febrero, caracterizado por el déficit de agua y la ausencia de excesos. Todos los datos referidos a este análisis pueden consultarse en el ANEXO I.

Finalmente, el período libre de heladas en la zona de estudio es mayor o igual a 300 días. Con respecto a la frecuencia de ocurrencia de heladas, éstas se producen de mayo a setiembre, variando mucho de un año a otro. Las fechas de ocurrencia de las heladas medias extremas con una probabilidad de ocurrencia de 50% (5 veces cada 10 años) es del 10 de junio (primera helada) al 15 de agosto (última helada); de una media de 20% (2 cada 10 años) del 21 de mayo al 29 de agosto y de una probabilidad del 10% (1 cada 10 años) es del 12 de mayo al 9 de septiembre.

4.1.3 Vegetación

La vegetación natural característica es el Bosque Chaqueño Occidental, de tipo xerófilo y caducifolio, en la que se distinguen los siguientes tres estratos:

a) **Estrato arbóreo:** donde destacan las especies como quebracho colorado (*Schinopsis quebracho colorado*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), Mistol (*Zizyphus mistol*), algarrobo (*Prosopis nigra* y *Prosopis alba*), brea (*Cercidium australe*), Sombra de toro (*Iodina rhombifolia*) y ucle (*Cereus validus*).

b) **Estrato arbustivo:** donde se puede observar jarilla (*Larrea divaricata*), atamisqui (*Atamisquea marginata*), Shinqui (*Mimosa fainosa*), ancoche (*Vallesia glabra*), pichanilla (*Cassia aphilla*), quimilo (*Opuntia quimilo*), tatapispa (*Celtis pallida*) y poleo (*Lippia turbinata*).

c) **Estrato herbáceo:** formado principalmente por *Setaria argentina*, *Gouinia latifolia*, saetilla (*Aristida adscencionis*) entre las gramíneas y tunilla (*Opuntia pampeana*), *Helenium donianum*, *Gundelia discoidea*, entre las dicotiledóneas.

En las áreas deprimidas, con diferente grado de salinización y alcalinización se observan especies como *Paspalumvaginatum*, *Spartinasp*, *Portulacasp*, *Chenopodiunsp*, *Juncussp*, cachiyuyo (*Atriplexmontevidensis*) y jume (*Salichornia ambigua*).

4.2 Materiales

Los datos utilizados en este estudio fueron obtenidos a partir de cartografía existente, informes, imágenes procedentes de sensores remotos y determinaciones de campo y laboratorio de las características del paisaje y de las propiedades del suelo. El material utilizado incluye un mapa geomorfológico (Angueira, 2007), otro de suelo de la provincia de Santiago del Estero (Vargas Gil, 1990; Angueira, 2007), otro mapa de suelo de la margen derecha del Río Dulce (Angueira y Zamora, 2003), y los datos topográficos derivados del MDE 90-m (CGIAR-CSI, 2004) con valores de altitud en intervalo de 3 arco segundo.

Junto a la cartografía anterior, también se utilizaron fundamentalmente imágenes satelitales Landsat (NASA-USGS, 2015). Se decidió utilizar las imágenes de esta constelación de satélites, no solo por la apropiada resolución espacial para la escala de trabajo, sino por la disponibilidad de una larga serie de registros, aún de la década 70s con vegetación nativa sin disturbar. Las escenas seleccionadas incluyeron 3 imágenes del satélite Landsat 2 en los años 1972 a 1975, 34 imágenes del periodo 1984-2011 tomadas en estación seca y húmeda con el Landsat 5 y una imagen del año 2014 tomada con el Landsat 8. Para complementar esta información también se estudiaron 6 imágenes tomadas en los años 2008 y 2009 del satélite CBERS (INPE, 2008) y SAC-C (CONAE, 2000). La Tabla 4.2 muestra las características de los sensores utilizados en el estudio. Por su parte la Tabla 4.3 describe cada una de las escenas que se han manejado en cada una de las fases desarrolladas en este trabajo.

Tabla 4.2 Características del satélite Landsat, SAC-C y CBERS imágenes

LANDSAT-2			LANDSAT-5			SAC - C			CBERS		
Band	Wl ¹ (μm)	Píxel (m)	Band	Wl ¹ (μm)	Píxel (m)	Band	Wl ¹ (μm)	Píxel (m)	Band	Wl ¹ (μm)	Píxel (m)
MSS ²			TM ³			MMRS ⁴			CCD ⁵		
4	0.5-0.6	80	1	0.45-0.52	30	1	0.45-0.5	175		0.45-0.52	20
5	0.6-0.7	80	2	0.52-0.61	30	2	0.54-0.56	175		0.52-0.59	20
6	0.7-0.8	80	3	0.63-0.69	30	3	0.63-0.69	175		0.63-0.69	20
7	0.8-1,1	80	4	0.76-0.9	30	4	0.79-0.83	175		0.77-0.89	20
			5	1.55-1.75	30	5	1.55-1.7			0.51-0.73	20
			6	10.4-12.5	30						
			7	2.08-2.35	30						
			8	0.5-0.9	15						

1 Longitud de onda, 2 Escáner Multispectral, 3 Escáner Multispectral Avanzado, 4 Escáner Multispectral de Media Resolución, 5 Alta Resolución

Los programas ArcGis 9.3 (ESRI, 2008), Imagine 9.3.1 (Leica, 2009), y SAGA (Böhneret *et al.*, 2006) fueron usados para el mapeo, el procesamiento digital e interpretación visual de imágenes satelitales, el cálculo de atributos morfográficos y morfométricos y el despliegue de los resultados.

CAPÍTULO IV

Tabla 4.3 Imágenes satelitales utilizadas en la interpretación visual para delimitar unidades de la relación paisaje-suelo

Satelite (sensor)	Path Row	Bandas	Fecha	Nombre
CBERS	171-131		06/08/08	171_131_4c-1_20080806_hrc
	171-131		27/09/08	171_131_5e_20080927_hrc
	171-131		01/09/08	cbers_ar_20080901_final
	171-131		08y09/08	m_mosaico_area_riego_171_131y132
	171-131		09/01/09	cbers_2b_hrc_20090109_171_d_3
	171-131		09/01/09	cbers_2b_hrc_20090109_171_d_4
SAC-C	230	3-4-5-7	30/03/06	anega_30_03_06
Landsat2(MS S)	247-079	1-2-3-4	03/09/72	247_079_030972_pgf4
	246-079	1-2-3-4	28/02/75	area_riego_1975_s
	246-080	1-2-3-4	18/02/75	area_riego_1975_s
Lansat5 (TM)	230-079	1-2-3-4-5	03/84	area_riego_84-87_s
	229-079	1-2-3-4-5	03/87	area_riego_84-87_s
	230-079	3-4-5	03/90	area_riego1990_s
	229-079	3-4-5	03/90	area_riego1990_s
	230-079	3-4-5	01/95	EN96RIEG
	230-079	1-2-3-4-5-6-7	01/99	marco99
	229-079	1-2-3-4-5-6-7	03/99	marco99
	230-079	3-4-5	01/00	area_riego_2000_s
	229-079	3-4-5	01/00	area_riego_2000_s
	230-079	3-4-5	10/05	Bosque_10-05_ar
	229-079	3-4-5	10/05	Bosque_10-05_ar
	230-079	3-4-5	10/05	area_riego2006
	229-079	3-4-5	10/05	area_riego2006
	230-079	1-2-3-4-5-6-7	15/08/07	230_079_20070815_7ban_geo
	230-079	1-2-3	31/08/08	m_ar_31ag_set08_b123
	229-079	3-4-5	08/09/08	m_ar_31ag_set08_b345
	229-079	1-2-3-4-5-6-7	02/04/08	229_079_20080402_7b_geo
	230-079	3-4-5	12/08	m_ar_dic08_en09
	229-079	3-4-5	01/09	m_ar_dic08_en09
	230-079	1-2-3-4-5-6-7	18/08/09	230_079_20090818
	229-079	1-2-3-4-5-7	15/09/10	229_079_20100915
	230-079	1-2-3-4-5-6-7	25/01/10	230_079_20100125_7band
	230-079	1-2-3-4-5-6-7	30/03/10	230_079_20100330_7b
	230-079	1-2-3-4-5-7	06/09/10	230_079_20100906_6b
	230-079	1-2-3-4-5-6-7	09/11/10	LANDSAT_5_TM_20101109
	229-080	3-4-5	18/01/10	229_080_20100118_3b_geo
	230-079	1-2-3-4-5-6-7	25/01/10	m_ar_25y18-01_10
	229-079	1-2-3-4-5-6-7	18/01/10	m_ar_25y18-01_10
	230-079	3-4-5	03/11	m_ar_marzo11
	229-079	1-2-3-4-5-6-7	18/01/10	229_079_20100118_7b_geo
229-079	1-2-3-4-5-6-7	19/02/10	229_079_20100219_7b_geo	
229-079	1-2-3-4-5-6-7	08/04/10	229_079_20100410_7b_geo	
229-079	1-2-3-4-5-6-7	15/09/10	229_079_20100910_7b_geo	
229-079	3-4-5	03/11	m_ar_marzo11	
Landsat8 (OLI)	230-079	1-2-3-4-5-6-7-8-9	08/04/14	LC82300782014148LGN00

4.3 Métodos

4.3.1 Metodología general para el relevamiento geopedológico

El trabajo se inició con la recopilación y revisión de la información disponible, la organización de toda la cartografía en un SIG para un fácil y eficiente manejo del proceso y una recorrida general del área para identificar los principales rasgos geomórficos.

A partir de la aplicación de una iterativa y exhaustiva interpretación visual de datos topográficos e imágenes satelitales, se delinearon las unidades de mapeo preliminares y la leyenda jerárquica tentativa de las geoformas como marco cartográfico para definir un modelo de relación paisaje-suelo. También se definieron los sitios de muestreo para la descripción de los suelos y el chequeo de los límites de las unidades de mapeo. Se hicieron pruebas de laboratorio para determinar las características físicas y químicas de los suelos y éstos se clasificaron según USDA (2010). Finalmente, el mapa interpretativo se transforma en un mapa geopedológico después de la confirmación de límites, leyenda, caracterización de los suelos y del patrón de distribución espacial.

4.3.2 Proceso cartográfico en el área de estudio

Con objeto de avanzar en el inventario y distribución geográfica de los suelos de Santiago del Estero se plantea obtener una cartografía general de suelo con finalidad múltiple. Para ello, se complementa la metodología tradicional de levantamiento de suelo con nuevas técnicas de Geomática.

Los métodos y los procesos empleados que se aplicaron en la realización de la cartografía según la clasificación de Domingo Santos (2002) son los siguientes.

- Método cartográfico: Cartografía con Estratificación
- Método de estratificación: Unidades de Paisaje con enfoque geopedológico
- Método de caracterización de unidades cartográficas: Muestreo razonado
- Método de muestreo: Punto tipo y/o Sectores de referencia

Método cartográfico: Cartografía con Estratificación

La cartografía con estratificación, se basó en la selección de las propiedades o atributos relevantes que se utilizaron para delimitar las áreas homogéneas. Se utilizaron los conocimientos existentes de orden climático, geológico, geomorfológico, fitogeográfico, etc. y a partir de éstos, de la observación, estudio e interpretación se establecieron las unidades.

Método de estratificación: Unidades de Paisaje con enfoque geopedológico

En esta estratificación se considera el paisaje como la unidad global, sintética y geográfica que integra las características litológicas, formas, red hidrográfica, suelo, vegetación, uso humano, desde lo general a local, a escala múltiple, para realizar la zonificación territorial jerárquica. En este caso, el área de estudio, a partir de la interpretación de las imágenes satelitales y de los mapas derivados del modelo digital de elevación, se subdividió en categorías de nivel decreciente de paisaje, luego en subunidades de relieve/modelado y posteriormente en geoformas.

El concepto de paisaje es complejo y con varias acepciones en el lenguaje común, mediático o científico usado en ecología de paisaje, pedología, biogeografía, arquitectura, etc. En geomorfología Zinck (2012, 2013) utiliza el término paisaje geomorfológico para definir una amplia porción de terreno caracterizado por su expresión fisiografía, y corresponde a una repetición de tipos de relieve/modelado similares o a una asociación de tipos de relieve/modelado disímiles. El sistema de clasificación de formas geomorfológicas reconoce al nivel categórico de paisaje: valle, planicie, peneplanicie, altiplanicie, piedemonte, lomerío, y montaña. Relieve y Modelado: Estos conceptos se refieren al proceso formador dominante: estructural, erosional, deposicional, disolucional, y residual (Zinck, 2012, 2013).

El relieve resulta de una combinación de topografía y estructura geológica, controlado por la geodinámica interna, mientras que el modelado corresponde a formas geomorfológicas determinadas por condiciones morfoclimáticas o procesos

morfogenéticos específicos, controlado por la geodinámica externa. Geoformas es la taxa inferior del sistema, es sinónimo de forma de terreno y puede ser dividida por medio de fases. Se caracteriza por su geometría, dinámica, e historia. Zinck (2012, 2013) menciona que en la literatura no hay una diferenciación jerárquica por debajo del nivel de paisaje y la ordenación de las formas de terreno se basa en el juicio y experiencia de campo. Se separan las formas de terreno en aquellas controlada por la geodinámica interna (estructura geológica: monoclinales, plegadas, falladas, etc.) o por la geodinámica externa (agentes morfogenéticos: eólicas, aluviales, coluviales, gravedad, etc.).

Método de caracterización de unidades cartográficas: Muestreo razonado

Muestreo razonado: Una vez estratificada el área de estudio en unidades de interpretación, se procedió a la observación del contenido edafológica en cada una de las unidades tentativas (paisaje-modelado-geoforma), por medio de las técnicas de muestreo razonada. Los sitios de observación no estaban regularmente espaciados sino que fueron seleccionados por las variables de paisaje que proporcionaban un mayor grado de discriminación, como representativos de los sitios, áreas y zonas tipo identificadas en la interpretación de las imágenes satelitales y de los mapas derivados del modelo de digital de elevación. Adicionalmente se revisaron otros sitios de acuerdo al patrón de distribución de suelos que surgieron en el proceso de levantamiento de datos a campo.

Método de muestreo: Punto fijo y/o Sectores de referencia

Punto fijo: Los puntos de control se seleccionaron y localizaron previamente en las unidades tentativas delineadas, sobre las imágenes satelitales y los mapas derivados, a medida que se desarrollaba la interpretación visual, en los sitios representativos y en los diferentes. En estos puntos se realizaron observaciones del perfil de suelo por barrenada y/o calicata.

Sectores de referencia: Se identificaron sobre imágenes y mapas derivados, pequeñas regiones naturales con similar patrón de distribución de rasgos interpretativos representativos de la topografía, formas geomorfológicas, suelos y vegetación. Posteriormente en áreas representativas se realizaron controles por punto fijo, a fin de establecer los tipos de suelos. Estos sectores de referencia se usaron para interpolar entre ellos si son suficientemente extensos o para extrapolar en casos de rasgos de interpretación muy similares.

La cartografía de recursos naturales disponible es amplia, variada, en formato digital y se encuentra organizada en el Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero (SigSE 2.0). Esta información se puede observar a escala 1:500.000 y 1:1.000.000 en toda la provincia. Además, se cuenta con una cartografía de suelos a escala 1:50.000 de una parte del área de estudio y cartografía de parcelamiento, canales y caminos a escala 1:10.000 (Angueira *et al.*, 2003, 2007). A medida que se fue generando nueva cartografía se incorporó a la base de datos del SigSE. A modo de resumen se muestra la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Escala de trabajo de las principales cartografías utilizadas en el estudio

Temática	Importancia	Escala
Climatología	Principal	1:1.000.000
Geomorfología	Principal	1:1.000.000
Topografía	Principal	1:500.000
Edafología	Principal	1:500.000
Ferrocarril	Auxiliar	1:250.000
Poblaciones	Auxiliar	1:250.000
Caminos	Auxiliar	1:50.000
Canales	Auxiliar	1:10.000

Respecto al tiempo planteado para el relevamiento, éste se analizó en función de cada fase de trabajo: a) recopilación de datos y recorrida del área: 2 semanas; b) estudio e interpretación de imágenes y mapas derivados de datos topográficos: 5 semanas; c) muestreo: 4 semanas; d) laboratorio: 12 semanas; e) clasificación y ajuste interpretación: 4 semanas; f) mapa y leyenda definitiva: 4 semanas; g) Memoria: 4 semanas. En total ocuparía 140 días repartidos en 34 semanas aproximadamente, si hubiera sido realizado como única ocupación, con todos los elementos disponibles en infraestructura y apoyo de campo.

En cartografía de suelos, la menor unidad en el mapa según Dijkerman (1981), corresponde a un cm^2 de mapa en papel indeformable que debe tener al menos $\frac{1}{2}$ obs/ cm^2 realizada en el terreno efectivamente o inferida. Esto significa que el mapa del área de estudio para una escala de 1:500.000 debe tener 176 observaciones y/o calicatas.

Para la realización de cartografía de reconocimiento con enfoque geopedológico utilizando técnicas geomáticas enfocadas al análisis multi-escalar, temporal y espectral de imágenes satelitales y de los mapas derivados del modelo digital de elevación, éste número de observaciones es mayor de lo requerido, lo que significa que el mapa puede ampliar ligeramente su escala. Teniendo en cuenta todo esto, para el área de estudio se hicieron 176 calicatas y numerosas observaciones (Fig. 4.2). Este número es suficiente para la escala de 1:500.000, pero como hay conocimiento previo de parte de parte de la información a mayor escala, se podría ampliar la escala a 1:400.000. Esta escala no es suficiente para establecer normas de manejo a nivel de finca, pero es útil para determinar qué áreas tienen mayor potencialidad agrícola.

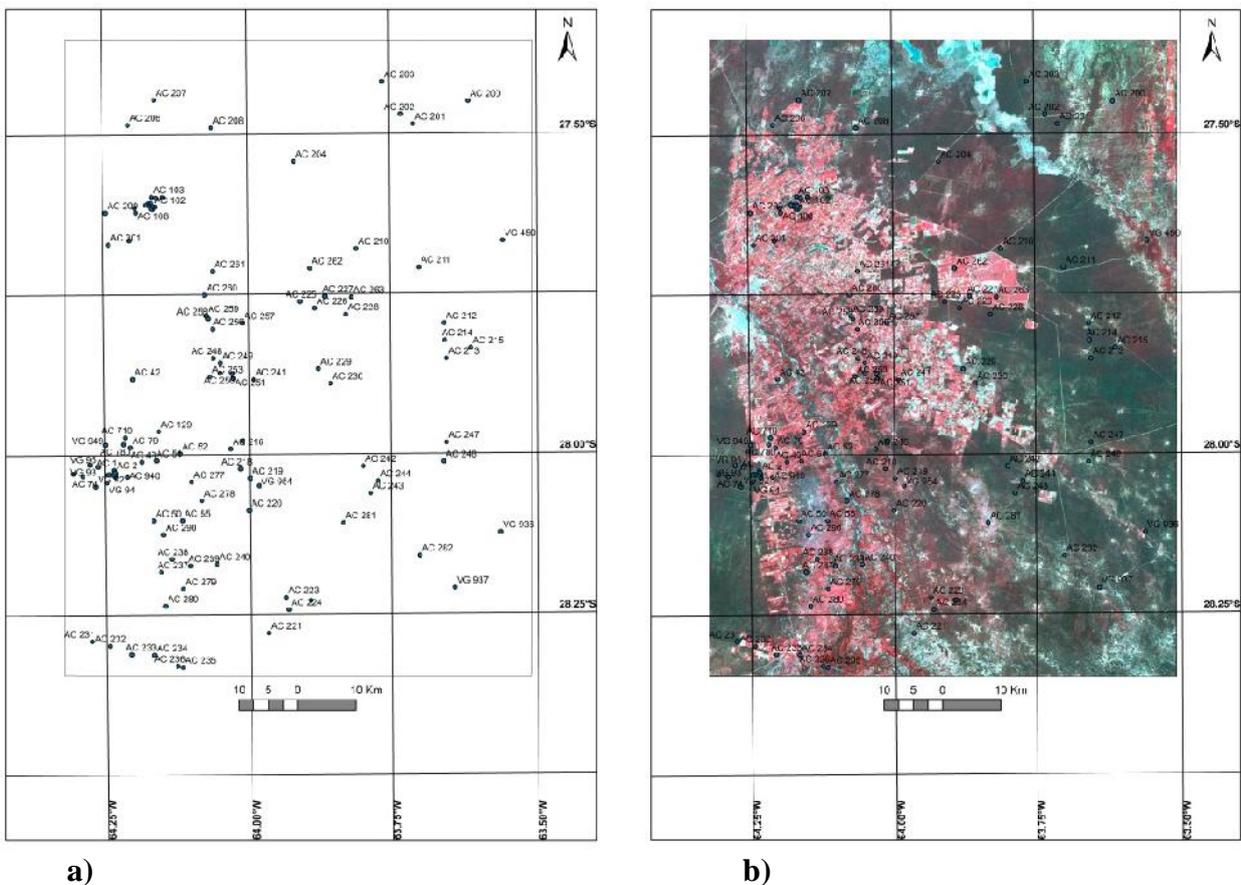


Fig. 4.2 Localización de las calicatas en el área de estudio: a) situación general, b) sobre imagen satélite

Respecto a las escalas de trabajo, y como se ha comentado anteriormente, se adopta la escala 1:500.000 como referente pero se utilizará escalas mayores para reducir los errores de trazado de límites y mejorar la legibilidad del mapa. Las escalas utilizadas para cada fase de estudio son:

- a) **Interpretación y delimitación de unidades de paisaje:** 1:50.000, 1:100.000, 1:500.000.
- b) **Realización de cartografía de campo:** 1:50.000
- c) **Presentación de la cartografía:** 1:500.000

Para la realización del trabajo se desarrollaron 11 etapas distintas. Estas etapas se aplicaron de forma iterativa, según esquema metodológico presentado (Fig. 4.3) y a la vez que a veces se buscó otras vías de trabajo para obtener mejores resultados.

1. Recopilación, revisión y generación de información:

El trabajo se inició con la revisión de la información recopilada, y una recorrida general del Área de Estudio para identificar las principales características geomorfológicas. Se utilizó un GPS Garmín para levantar datos relevantes al proceso. En gabinete los mapas fueron digitalizados o actualizados y se analizaron en el entorno SIG para un trabajo fácil y eficiente, así como la cartografía accesoria ya disponible en el SigSE(Angueira *et al.*, 2007).

Por su parte, también se utilizó información de los datos topográficos correspondieron al SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) al igual que información convecional del PERD (1981) e IGN (2000) en (Angueira *et al.*, 2007). Las imágenes satelitales fueron Landsat MSS TM y OLI, CBERS y SAC-C. S

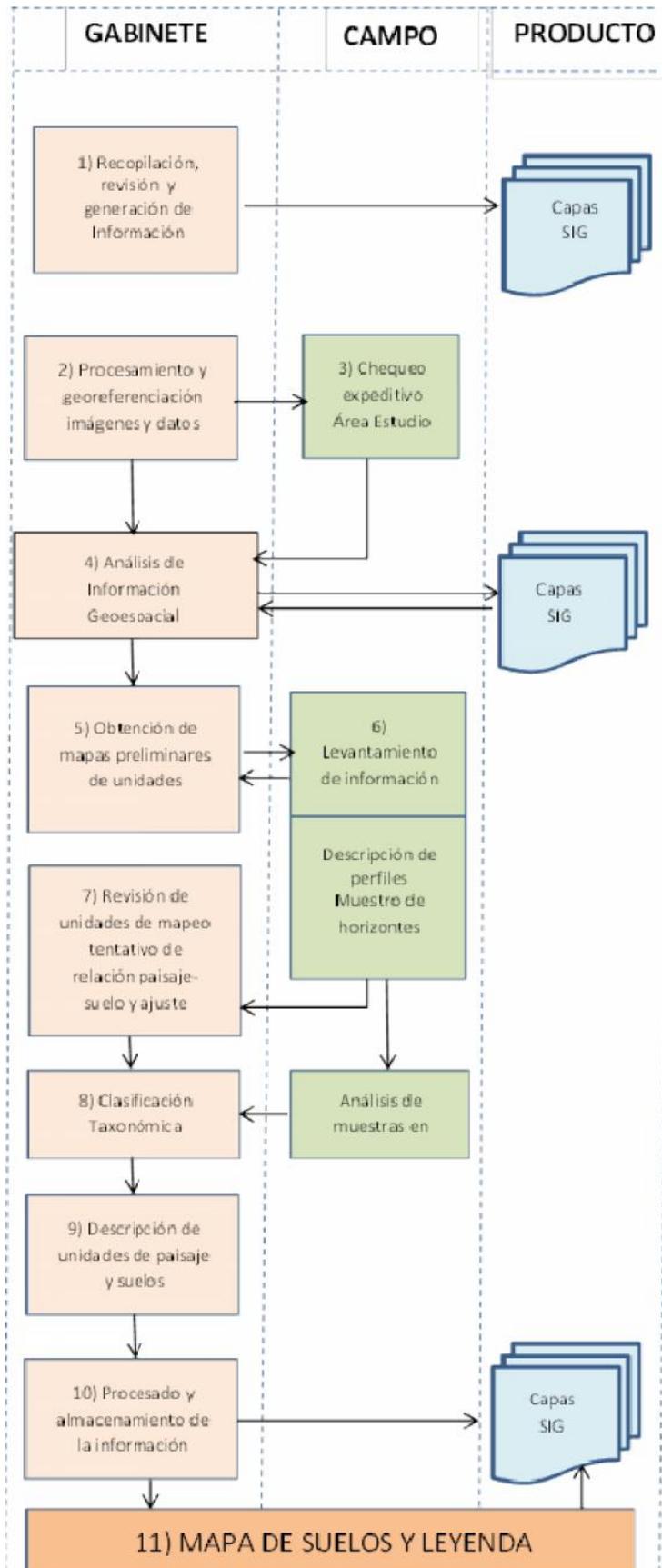


Fig. 4. 3 Esquema metodológico con las 11 etapas realizadas

2. Procesamiento y georreferenciación de imágenes satelitales y datos topográficos:

Se analizaron las imágenes satelitales después de su procesamiento, corrección radiométrica y georreferenciación en proyección TransverseMercator, similar a Gauss-Krüger IGN (2000).

Sistema de coordenadas proyectadas:

TransverseMercator

Projection:	Transverse_Mercator
False_Easting:	4500000.00000000
False_Northing:	0.00000000
Central_Meridian:	-63.00000000
Scale_Factor:	1.00000000
Latitude_Of_Origin:	-90.00000000
Linear Unit:	Meter
Sistema de Coordenadas Geográficas:	GCS_WGS_1984
Datum:	D_WGS_1984
Prime Meridian:	Greenwich
Angular Unit:	Degree

Los datos del SRTM fueron procesados eliminando y suavizando el área que correspondía a los datos no tenían valor de cota, se extrajeron los puntos con un marco del Área de Estudio, obteniéndose la cobertura de puntos SRTM y a partir de esta se trabajaran distintas propuestas de visualización en 3D (Angueira *et al.*, 2008), como obtener por ejemplo de toda el área obtener el TIN y analizarlo en ArScene (Fig 4.4).

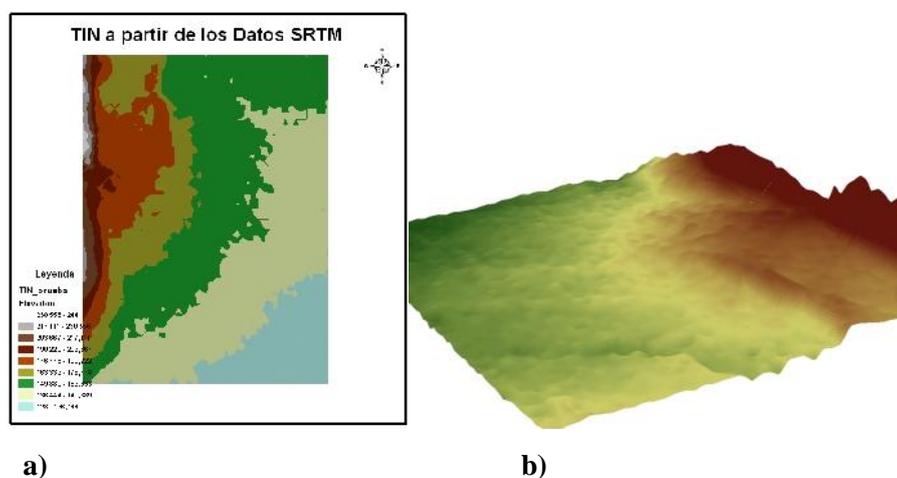


Fig. 4.4 Datos del SRTM espaciados 1800 m: a) en formato TIN, b) representación en 3D

También fueron analizados en 3D los datos topográficos convencionales del Área de Estudio disponibles en el SigSE 2.0 (Angueira *et al.*, 2007), se revisaron y se manipularon a fin de observar si se tenía mejores posibilidades que en el SRTM. En primer lugar, se eliminaron las líneas que correspondían al Río Dulce, se realizó la cobertura TIN y también se visualizó en ArcScene. Posteriormente se corrigió para evitar el vacío que se producía por la falta de datos en el espacio del río (Fig 4.5).

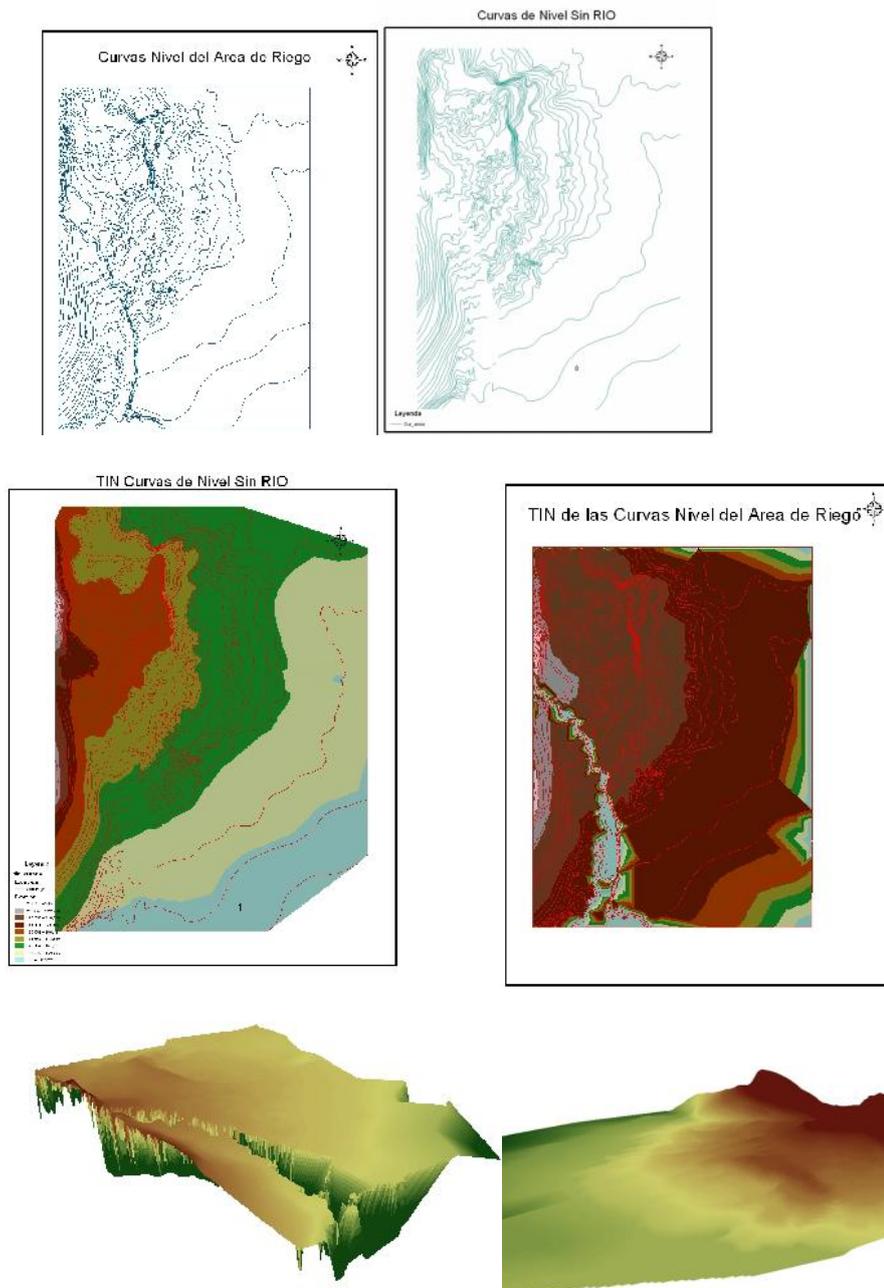


Fig. 4.5 Datos del PERD (1981) e IGN (2000) en SigSE (Angueira *et al.*, 2007) con y sin las líneas del Río Dulce, en curvas a nivel, TIN y 3D

Se probó eliminando la superficie que corresponde al sureste del Área de Estudio, porque allí las cotas estaban muy espaciadas (IGN, 250) y no mostraban la variación del terreno. En otra se tomó solamente el centro noroeste porque correspondía a datos de altura tomados más cercanos por el PERD (1981).

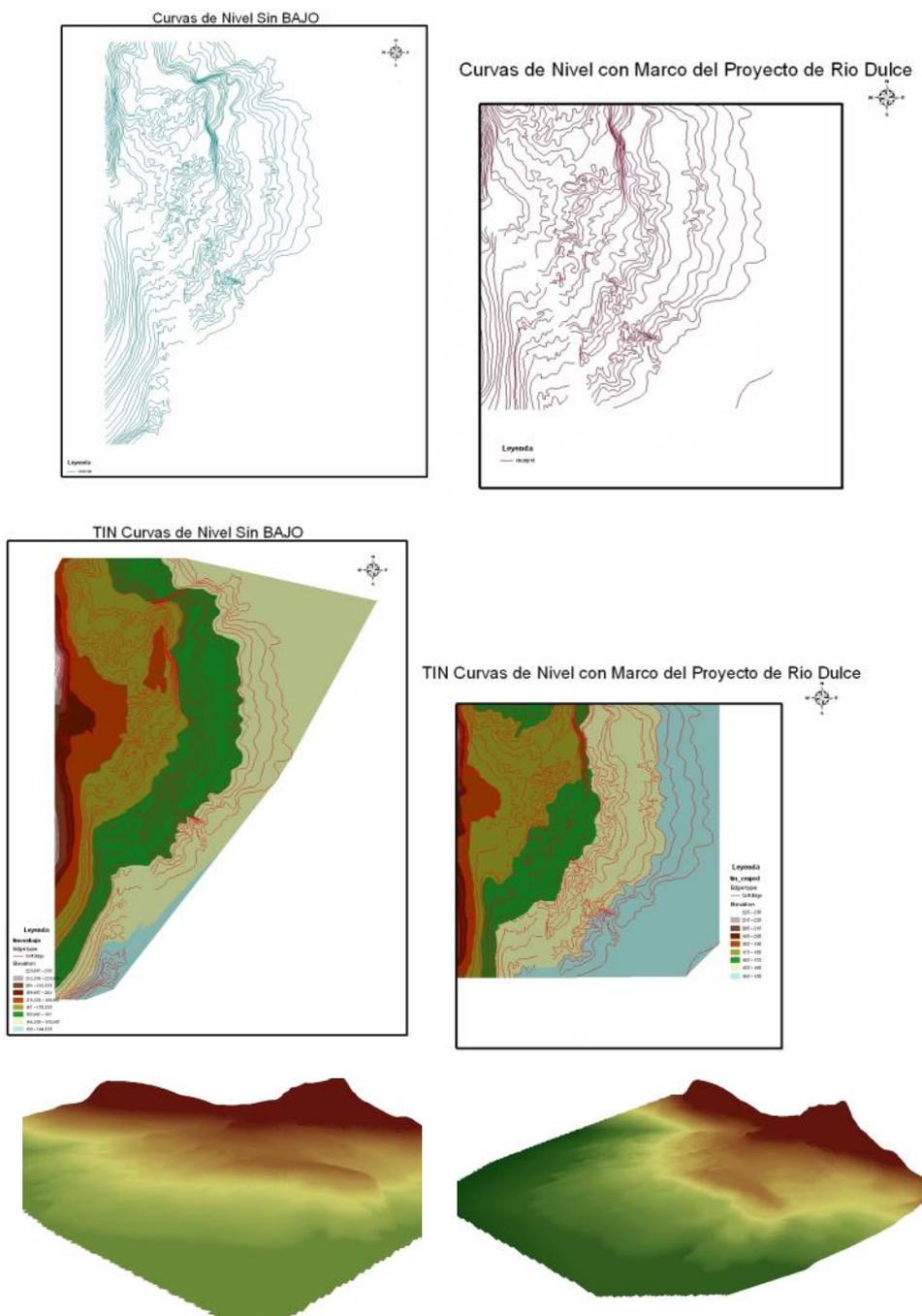


Fig. 4.6 Datos del PERD (1981) e IGN (2000) en SigSE (Angueira *et al.*, 2007) del noreste y este, y solamente del noreste del Área de Estudio en curvas a nivel, TIN y 3D

Luego se generaron las coberturas de curvas a nivel a partir de los datos del SRTM con el ArcGis 1,3 y 5 metros. También se combinaron datos topográficos del SRTM y los convencionales para observar diferentes rasgos de interés.

3. Chequeo expeditivo del área de estudio:

En varias salidas cortas se tomó contacto con la composición general del paisaje, la infraestructura y el uso de la tierra. La figura 4.7 muestra una representación de 6 tipos de paisajes característicos de la zona.

4. Análisis de la información geoespacial:

Análisis topográfico fue realizado mediante interpretación visual de los mapas de contorno y derivados de los atributos morfográfico y morfométricos. Para ello se utilizó el modelo digital de elevación, que contiene datos de altitud y de las relaciones espaciales entre los datos, ambos datos complementarios y que fueron utilizados para analizar y caracterizar el relieve y sus componentes de forma objetiva y exhaustiva.

A lo largo de todo el proceso de estudio, se realizó un proceso de fotointerpretación de la zona de estudio para establecer claramente la relación paisaje-suelo. Esta etapa es de fundamental importancia ya que, con apoyo de imágenes satelitales y mapas derivados del modelo digital de elevación, se determinaron en gabinete las formas, condiciones, rasgos discontinuos, etc. del terreno. Con la interpretación detallada e iterativa de las imágenes satelitales, se determinó el modelo de la relación paisaje-suelo y los límites de las unidades cartográficas tentativas. Para ello, se realizaron análisis teniendo en cuenta los elementos del paisaje (relieve, pendiente, cursos de agua, etc.), la fisonomía (tipo de drenaje, condición, estructura geológica, etc.) y la fisiografía (procesos comportamiento).

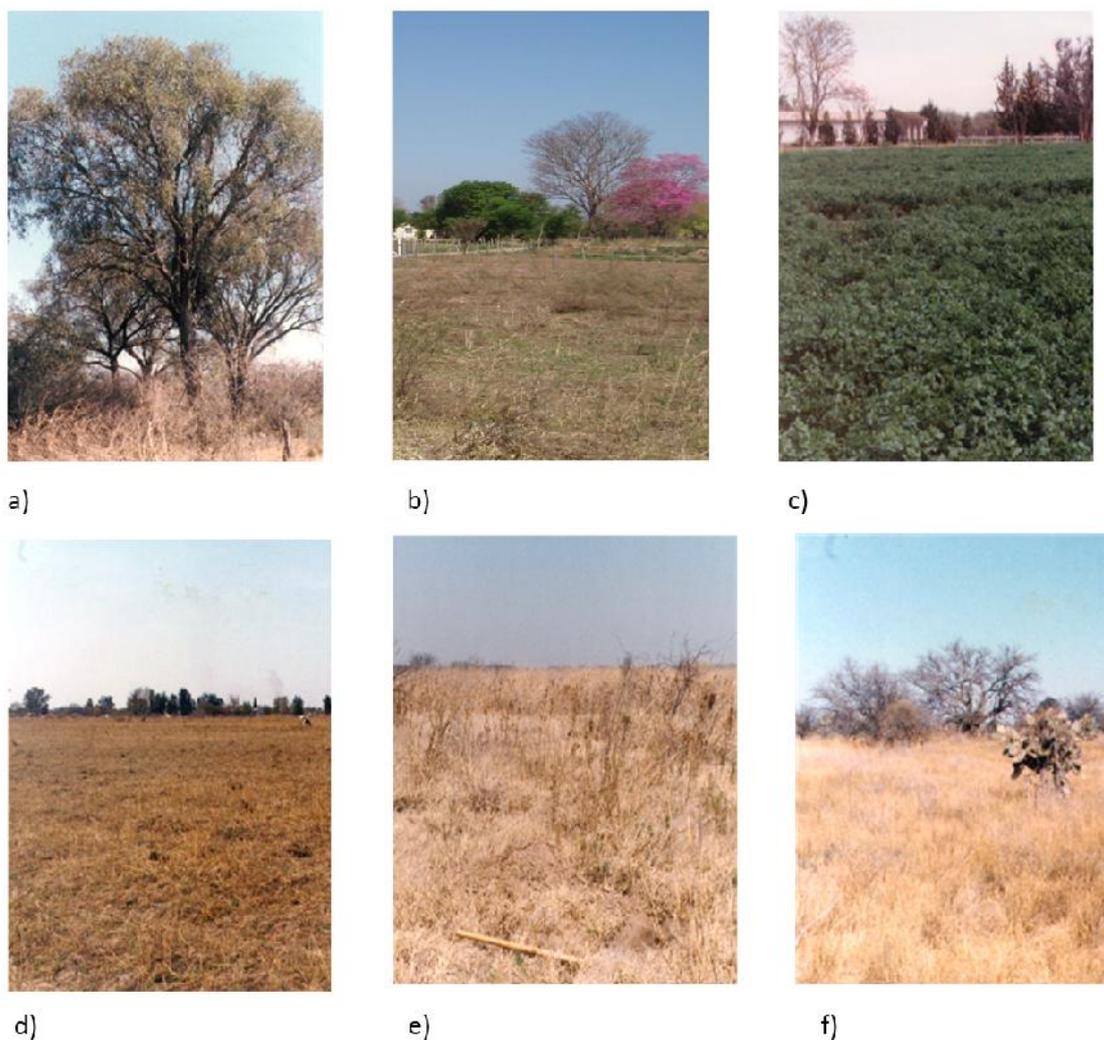


Fig 4.7 Paisajes del Área de Estudio: a)1P, b) 2P, c) 3P, d) 4P, e) 7D y f) 9D

Los mapas de atributos morfográficos y morfométricos se realizaron a partir del modelo digital de elevación (MDE) de 90-m para identificar, describir y clasificar por medio de la interpretación visual las geformas a diferentes niveles del sistema taxonómico (Zinck, 2013). Los siguientes atributos fueron calculados con el programa ArcGis: pendiente, sombreado, perfil de curvatura, subcuenca, índice de humedad, dirección de flujo, acumulación de flujo, longitud de flujo, enlace de escurrimiento, red de arroyos, orden de curso, red de drenaje, cuenca, aspecto, curvatura transversal, curvatura longitudinal, índice de convergencia y depresiones cerradas. Para mejorar la visualización de la red de drenaje, se seleccionó la relación entre superficie drenada y cada salida más adecuada para la escala de trabajo.

Para una clasificación automatizada de las geoformas, se combinaron los atributos: sombreado analítico, pendiente, aspecto, curvatura transversal, longitud de la curvatura, índice de convergencia y depresiones cerradas, usando el análisis ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis*) con el programa SAGA. A partir de esta información se obtuvo un mapa de isoformas. Este método considera distintas situaciones considerando los valores de las variables topográficas obtenidas a partir del MDE 90-m. Por tanto, agrupa zonas con valores similares y disminuye la variabilidad del centro del grupo y maximizando las diferencias entre grupos o zonas (Lillesand y Kiefer, 1994).

Por otra parte, una sistemática interpretación visual de las imágenes satelitales de los satélites Landsat, SAC, y CBERS se llevó a cabo. Se aplicaron los criterios, procedimientos y métodos de la interpretación visual de fotografías aéreas: análisis de elementos, de patrones y fisiográfico (Goosen, 1967; Buringh, 1970). Variables como tono, textura, patrón, forma, tamaño, altura, elevación, localización y sus asociaciones con otros objetos fueron todos los elementos considerados para caracterizar el sistema fisiográfico que había controlado la formación del área.

Posteriormente, los mapas derivados del MDE fueron combinados con las imágenes satelitales para mejorar la interpretación visual y el entendimiento de la relación entre los elementos del paisaje (Shepande, 2010). Imágenes tomadas en épocas representativas de las estaciones secas y húmedas fueron analizadas con diferentes composición de bandas para identificar cuerpos de agua, sedimentos en el agua, red de drenaje, tipos de vegetación, textura, humedad de suelo, rasgos del terreno y condiciones de suelo (Fig. 4.8 y 4.9).

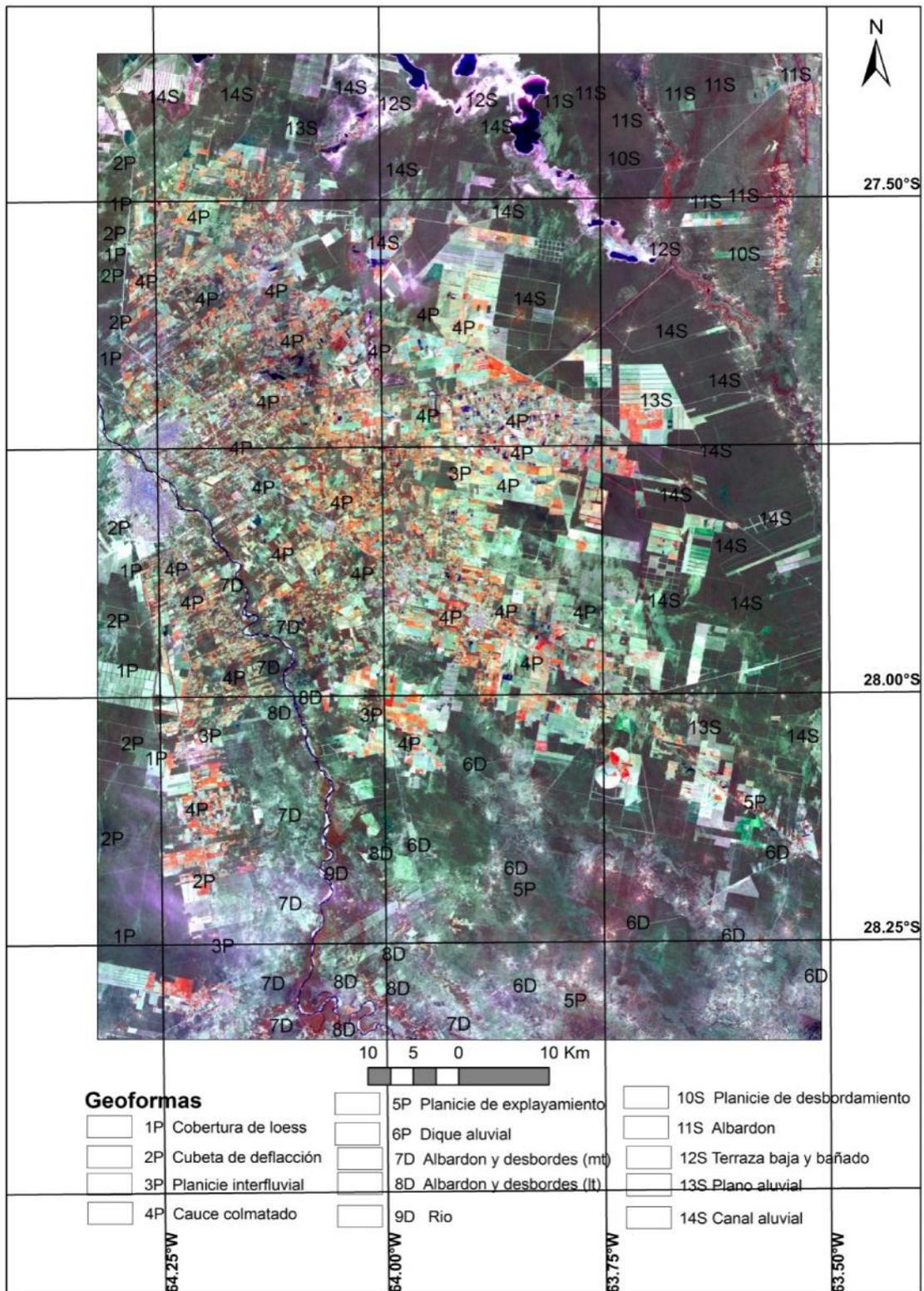


Fig 4.8 Mapa de imágenes satelitales de LandsatTM (agosto/2008) de la estación seca y símbolos de las geofomas

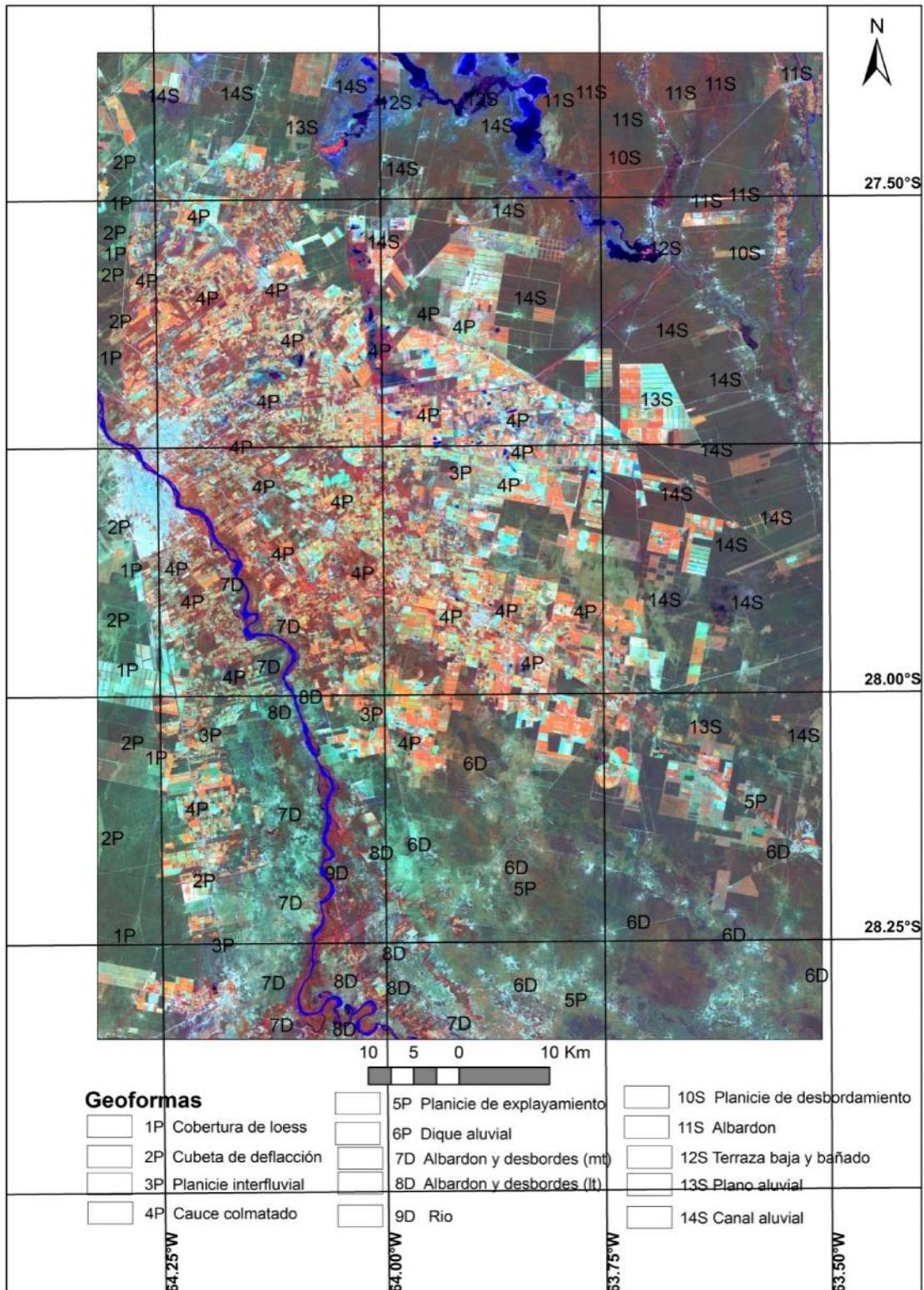


Fig 4.9 Mapa de imágenes satelitales de Landsat TM (marzo/2011) de la estación húmeda y símbolos de las geomorfias

La escena del SAC-C fue utilizada para identificar el patrón de anegamiento después de una lluvia de intensidad extrema el día 30.03.2006 (Fig. 4.10). Las imágenes CBERS de alta resolución (CCD) se utilizaron para identificar y delinear las geoformas fluviales, meandros y desbordes con acumulación de material (Fig.4.11)

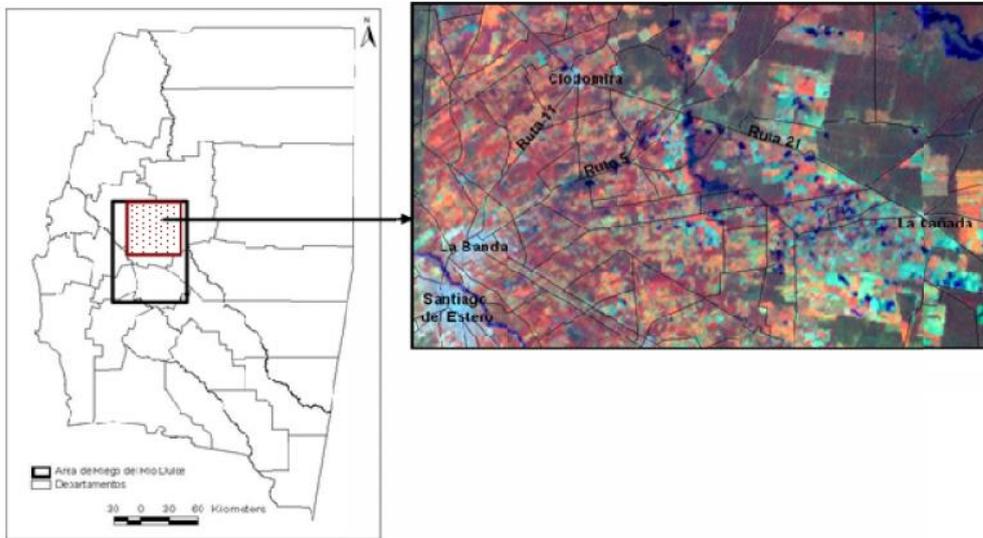


Fig. 4.10 Imagen satelital SAC-C (marzo/2006) donde se observa anegamiento en una parte del Área de Estudio

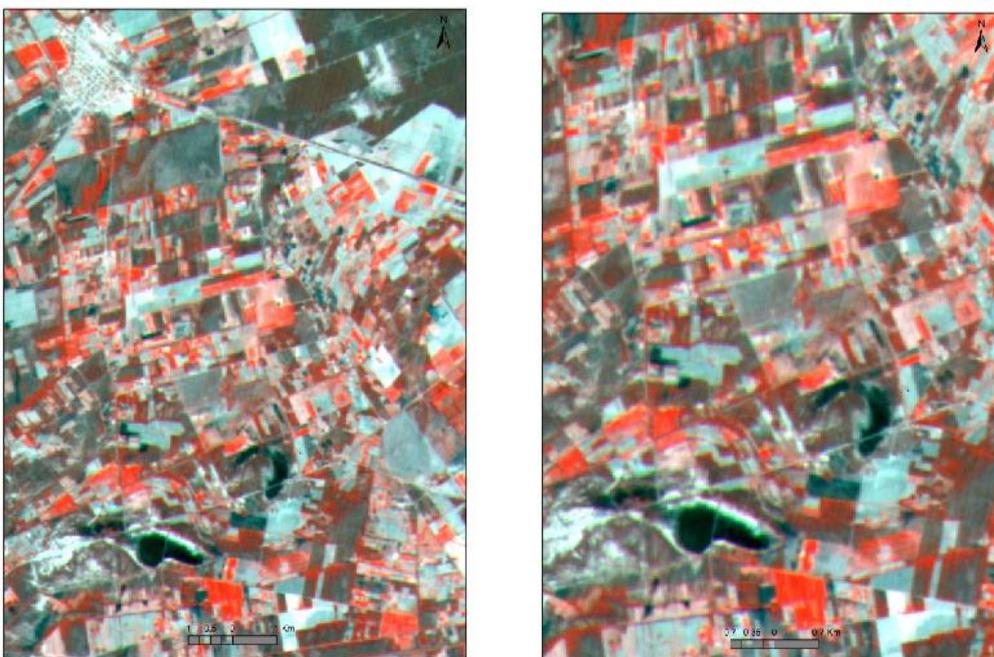


Fig. 4.11 Imagen satelital CBERS escala 1:100.000 y 1:70.000 donde se observa la impronta fluvial de los meandros difuminados y el parcelamiento siguiendo la forma de los meandros

5. Obtención de mapas provisionales de unidades cartográficas:

Estos mapas se obtienen mediante la interpretación visual sistemática e iterativa de los mapas derivados de los datos topográficos y de las imágenes satelitales. Los mapas derivados se obtuvieron a partir de los datos topográficos con ArcGis y SAGA, se superpusieron y compararon en el entorno de sistema de información geográfico de Santiago del Estero (Angueira, 2015).

La obtención de cartografía de suelo sigue aproximadamente los pasos convencionales del levantamiento de suelos de (USDA, 1951, 1993; Etchevehrere, 1976). La diferencia consiste en el enfoque geopedológico, que permite ampliar la comprensión de la relación paisaje-suelo y establecer una leyenda jerárquica y anidada tentativa de las formas de la tierra y los componentes de suelo de cada unidad de mapeo.

6. Levantamiento de información de campo:

Se utilizó el método razonado o dirigido para caracterización de la relación paisaje-suelo. En el trabajo de campo se puso mayor atención al estudio del perfil que en la ubicación de límites.

Los sectores de referencia elegidos fueron los típicos de cada paisaje, que incluyen colectivamente todas las unidades de mapeo de suelos que existen, y además se seleccionaron más de una unidad de gran dimensión para incluir los cambios graduales. Se realizó una observación cuidadosa para seleccionar también los perfiles representativos y no inclusiones, áreas con suelos diferentes que se los incluyó en una unidad de mapeo mayor porque era muy pequeña para separarse.

El relevamiento de puntos de control fue selectivo y al azar en las unidades pre-delineadas y en sectores de referencia. Para la localización de los puntos de control se buscaron zonas tipo dentro de cada clase de unidad delineada. La interpretación y el chequeo de campo fue realizado por el mismo técnico/a para un mejor comprensión y mayor eficiencia.

El control de campo se realizó mediante observaciones (barrenadas, pre-pozo y calicatas) en los lugares preseleccionados representativos de cada paisaje (Fig. 4.12a) para la descripción morfológica del suelo y del sitio. La profundidad fue lo suficiente para estudiar todos los horizontes de interés agrícola (Fig. 4.12b). La descripción incluyó información general del sitio (drenaje, topografía, relieve, afloramientos rocosos, etc.) y del suelo, croquis de horizontes, descripción morfológica de cada uno, aptitud, etc. Para este estudio en campo junto para la recogida de muestras para su posterior análisis se utilizó instrumental especializado (Fig. 4.12c, d y e).



Fig. 4.12Control de campo: a) y b) ejemplos de calicatas, c) tabla de colores Munsell, d)valija de reconocimiento y e) agregados y muestra de suelo por cada uno de los horizontes

Esta descripción se realizó en los formularios especiales diseñados para tal fin por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), denominados fichas edafológicas (Fig. 4.13).

RESPONSABLE:		FECHA:	
MOSAICO:	RECORRIDO:	AEROFOTO:	OBSERVACION N°
SERIE:		FASE:	
SÍMBOLO:		GRAN GRUPO:	
CLASIFICACION UTILITARIA		Limitaciones Principales	
Símbolo:		Latitud:	Longitud:
UBICACION:		forma:	símbolo:
PAISAJE:	tipo:	Exposición de ladera:	
Altura sobre el nivel del mar:			
VEGETACION NATURAL O CULTIVOS:			
MATERIAL ORIGINARIO:		DRENAJE:	O 1 2 3 4 5 6
RELIEVE:	PRONUNCIADO NORMAL SUBNORMAL CÓNCAVO	clases	
POSICION:	Loma Media loma alta loma baja Pie de loma Bajo Media	PELIGRO de ANEGAMIENTO:	clase 1 clase 2 clase 3 clase 4 clase 5
PENDIENTE:	1 2 3 4 5 6	DISTRIBUCION de la HUMEDAD:	uniforme seco fresco húmedo mojado
Clases (%)	0-1% 1-3% 3-10% 10-25% 25-45% +45%	COBERTURA VEGETAL (%):	PROFUNDIDAD DE LA NAPA:
ESCURRIMIENTO:	0 1 2 3 4 5	SALES o ALCALIS:	clase 0 clase 1 clase 2 clase 3 clase 4
(Grados)	estancado muy lento lento medio rápido muy rápido	PEDREGOSIDAD o ROCOSIDAD:	P R grado 0 grado 1 grado 2 grado 3 grado 4 grado 5
PERMEABILIDAD:	1 2 3 4 5 6 7	USO de la TIERRA:	A P F H B S X M
(Grados)	muy lenta lenta mod. lenta moderada mod. rápida rápida muy rápida		
EROSION:	X O H 1 E H 2 E H 3 E H 4 E H 5 E		
(Clases)	ligera moderada severa grave muy grave		

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	LÍMITE tipo forma	COLOR S en seco H en húmedo	TEXTURA	ESTRUCTURA a. tipo b. clase c. grado	CONSISTENCIA			pH	CO ₂ Ca	CONCRECIONES	RAÍCES	presencia color	MOTEAJOS	HUMEDAD	RAÍCES	FORMACIONES ESPECIALES
						S	H	M									
			S		a												
			H		b												
					c												
			S		a												
			H		b												
					c												
			S		a												
			H		b												
					c												
			S		a												
			H		b												
					c												
			S		a												
			H		b												
					c												

OBSERVACIONES:

Fig 4.13 Ficha edafológica

7. Revisión de las unidades de mapeo tentativo de la relación paisaje-suelo y ajuste definitivo:

En los sitios seleccionados una calicata se tomó como representativa y, en unidades más complejas, se realizaron varias. En éstas se consideraron los rangos de cada una de las características del sitio y de las propiedades físico-químicas. De cada uno de los horizontes se extrajeron muestras para los análisis físico-químicos (Fig. 4.12e), que fueron al laboratorio (Fig. 4.14) acompañadas de una copia de la ficha edafológica.



Fig. 4.14 Laboratorio especializado en el análisis de suelos

Los análisis físico-químicos que se consideran de importancia en levantamientos de suelos se refieren a las características diagnósticas de los mismos y a sus propiedades más o menos fijas y permanentes que pueden ser medidas u observadas.

Análisis de suelos en laboratorio

El conjunto de 176 perfiles y observaciones de suelos, aproximadamente 1 obs/50 km², fueron estudiados según las normas de Echevehere (1976) y las siguientes determinaciones analíticas fueron determinadas para cada uno de sus horizontes en el laboratorio (Fig. 4.15):

LABORATORIO CENTRAL DE ANÁLISIS				
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Agropecuaria Salta División Apoyo Técnico			Ruta 68 km172 C.P. (4403) Cerrillos - Salta Tel/Fax: (0387) 4902081/87 - 4902214 int. 222 C.C.Nº228 C.P. (4400) Salta - Capital	
INFORME ANALISIS DE SUELO				
Solicitante:			Teléfono:	
Finca:			Fecha del Muestreo:	
Ubicación:			Fecha de Ingreso:	
Ersayo:			Finalización del Análisis:	
Identificación de campo				
Número de Laboratorio				
Profundidad de muestreo (cm)				
Próximo cultivo				
Arena (%)				
Limo (%)				
Arcilla (%)				
Calificación Textural				
Capacidad Hidrica de Saturación (%)				
pH en pasta				
Conductividad Eléct. en el extracto de saturación. (mmhos/cm)				
Carbonato de Calcio y Magnesio (%)				
Carbono Orgánico (%)				
Materia Orgánica (%)				
Nitrógeno total (%)				
Relación C/N	10			
Fósforo "extractable" (p.p.m)				
Sodio intercambiable (meq/100 g)				
Potasio intercambiable (meq/100 g)				
Calcio intercambiable (meq/100 g)				
Magnesio intercambiable (meq/100 g)				
Cloruro soluble en el extracto de saturación (meq/l)				
Cloruro soluble en el extracto de saturación, referido a suelo seco (p.p.m)				
Capacidad de Intercambio Catiónico = Valor "S" (meq/100g)				
Porcentaje de Sodio Intercambiable (%)				
<i>Técnicas Empleadas</i>				
Textura: Bouyoucos; Materia Orgánica: micro Walkley-Black; Nitrógeno total: micro Kjeldahl; Fosforo "extractable": Bouyoucos; Carbonos de intercambio: extraídos con Acetato de Amonio 1.0 N a pH 7.0, n. d. determinación no realizada (*) Valor CIC "estimado"				
Observaciones: Las determinaciones de Ca y Mg "intercambiable" no se realizan en muestras que contienen Carbonatos de Calcio y Magnesio.				
<i>Los análisis se realizaron sobre muestras extraídas por el solicitante</i>				
CERRILLOS (Salta), Argentina			Ing. Qro. Eduardo R. Corvalán Jefe División Apoyo Técnico E.E.A. INTA - SALTA	
<i>Localidad y País</i>	<i>Fecha del Informe</i>	<i>Firma Responsable del Laboratorio</i>		

Fig 4.15 Ficha laboratorio

Carbono Orgánico Total (COT): se obtuvo por el método de Walkley-Black. Este método, que es el más difundido en la Argentina, determina el Carbono Fácilmente Oxidable (CFO), requiere un equipamiento mínimo, puede adaptarse para la manipulación de gran número de muestras y no es costoso (Rosell *et al.*, 2001). Consiste en la oxidación húmeda de la muestra de suelo con dicromato de potasio en medio ácido. El calor desprendido, durante la incorporación del ácido sulfúrico, es el que permite la oxidación parcial del C y produce una reducción del dicromato, equivalente al contenido de C oxidado el que es titulado con sal ferrosa (Carreira, 2005). La estimación del COT se realiza multiplicando el valor del CFO por un factor de 1,32, debido a que se asume que en promedio se oxida el 76% del COT (Rosell *et al.*, 2001) aunque la oxidación puede variar entre 63 al 86%, dependiendo del tipo de suelo y horizonte.

Materia Orgánica (MO): El contenido de MO se calculó sobre la base del Carbono Orgánico Total (COT) oxidable multiplicado por un factor empírico, de 1,724 que surge de asumir que la Materia Orgánica del suelo posee un 58% de C ($100/58 = 1,724$).

Nitrógeno (N): El contenido de N se determinó por el método Kjeldahl, Este método consiste de tres etapas Digestión, Destilación y Titulación. En la etapa de Digestión se produce, utilizando una solución de ácido sulfúrico concentrado a temperaturas elevadas (400°C), una solución de sulfato de amonio por la transformación del nitrógeno que contienen las muestras orgánicas a ion amonio. En la etapa de Destilación se libera amoniaco por el método de arrastre de vapor de agua, que es retenido en solución con una cantidad conocida de ácido bórico. Finalmente en la etapa de Titulación se valora la cantidad de amonio presente en la muestra destilada.

Textura: La composición granulométrica, arcilla, limo y arena, se determinó por el método de Bouyoucos o del hidrómetro. En este método, universalmente aceptado como alternativo al método de la pipeta, muestras de suelo seco se dispersan utilizando unos 10 ml de hexametáfosfato de sodio; la solución se deja reposar algunas horas y se agita activamente durante por lo menos 2 horas para luego colocarla en una probeta de 1

litro que se enrasa con agua destilada hasta 1 litro. Se introduce el hidrómetro, y se toman lecturas a diferentes tiempos entre los 30 y 360 segundos. Con las medidas se construye un gráfico que relaciona el tamaño de partícula con lectura del hidrómetro a partir de la cual se calcula el porcentaje de las fracciones texturales deseadas, que también se pueden calcular analíticamente.

Densidad Aparente (da): La *da* se calculó por gravimetría de muestras volumétricas no disturbadas de 100 cm³ de suelo seco.

Carbonato de Calcio (CaCO₃): Se obtuvo según el método de Scheibler, en el cual las muestras de suelo convenientemente tamizada y homogeneizada se tratan con ácido clorhídrico en un sistema cerrado (calcímetro) y se determina volumétricamente el Dioxido de Carbono desprendido que es proporcional a la cantidad de CaCO₃ presente en la muestra.

Agua retenida por una succión de 1/3 atmósfera: es la cantidad de agua retenida por el suelo, después de drenar el agua gravitacional. En el laboratorio se determinó mediante el método Richard que consiste en la determinación del volumen de agua retenida en una muestra saturada de suelo no disturbada colocada sobre una placa porosa a la que se le aplica la presión definida. Este contenido de humedad se denomina Capacidad de Campo o Limite Superior de retención de agua y es similar al de humedad equivalente.

Agua retenida a 15 atmósferas: El agua retenida a una succión de 15 atmósferas refleja el *Punto de Marchitez Permanente*, también llamado límite mínimo de retención de agua de los suelos útil para las plantas. Se determinó por el mismo método de Richard aplicado en el caso anterior solo que por lo alta presión aplicada se utilizan “ollas” de presión.

Acidez o Alcalinidad: Se determinó con un potenciómetro calibrado con electrodo de vidrio. Se realizó sobre 3 muestras con Cloruro de Potasio 1 Normal, pasta de saturación y en suspensión 1:2,5 y 1:1,5.

Salinidad (CE): se obtuvo a partir de la medición de la conductividad eléctrica de la pasta saturada. Este parámetro permite separar suelos salinos de los no salinos.

Capacidad de Intercambio catiónico (CIC): la CIC es la cantidad de posición de intercambio que tiene la fracción coloidal, arcillas y materia orgánica, representando el total de cationes intercambiables que pueden ser retenidos por una cierta cantidad de suelo. Los suelos con baja capacidad de intercambio, generalmente son suelos con baja fertilidad natural. La determinación se realizó por el método de Bower que consiste en la saturación de complejo de intercambio con Na^+ a pH 8,2 y el posterior desplazamiento y medición de este con Acetato de Amonio 1N a pH 7.

Bases intercambiables: las bases intercambiables son en la mayoría de los suelos Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Sodio (Na^+) y Potasio (K^+). El análisis se hizo por desplazamiento de los cationes principales con el catión amonio (NH_4^+), de baja presencia en el suelo, utilizando una solución de Acetato de Amonio y posterior medición de los cationes en el percolado.

Hidrogeno de Intercambio: las posiciones de intercambio no ocupadas por los principales cationes contienen H. Su determinación en suelos con pH menor a 8.1 se realizó por diferencia entre la CIC y el total de bases intercambiables.

8. Clasificación taxonómica de suelos:

Los valores obtenidos anteriormente se consignaron en una planilla y se utilizaron para clasificar los suelos taxonómicamente y por su aptitud productiva. Los perfiles de suelos levantados descriptos, muestreados y clasificados según la clasificación taxonómica USDA (2010) conforman un catálogo de perfiles del área de estudio.

En el estudio de los sectores de referencia se concentró el trabajo en la observación la correlación entre los límites de suelo o asociación de suelos, y la imagen. Es decir, se identificó la distribución y patrón de suelos que juntos componen la unidad de mapeo.

9. Descripción de las unidades de paisaje y los suelos que la componen:

Después del control de campo se estudiaron todos los perfiles de suelos descriptos y clasificados, se analizaron los rangos de cada grupo taxonómico, se seleccionaron los representativos o modales de cada subgrupo, se ajustaron los límites de las unidades cartográficas tentativas, se determinaron la composición de suelos de cada una de las unidades cartográficas y se completó la leyenda.

10. Procesado y almacenamiento de la información:

Los datos del perfil se incluyeron en las fichas edafológicas directamente en campo y después, en gabinete, en varias tablas diferentes en una base de datos. Esta base de datos tiene una capacidad máxima de 7 horizontes. La consulta es útil para comparar suelos que presentan distintos horizontes, ya que puede ser difícil cuando se hace sobre distintos horizontes del mismo suelo.

El total de datos se organizó en una base de datos para un futuro análisis estadístico con distintos programas que en esta tesis no se realizan. Cada punto de muestreo, que representa un perfil, y cada una de las propiedades medidas o estimadas por horizonte están georreferenciadas y se consideró una variable.

11. Confección del mapa de suelos y leyenda definitiva:

Las unidades cartográficas se caracterizaron asignando a cada una de las unidades de paisaje-modelado-geoforma las unidades taxonómicas de suelos que la componen. La leyenda se muestra en forma jerárquica y completa. Se obtuvo un mapa y leyenda impreso en papel y en formato digital en un SIG (Fig. 4.17).

CAPÍTULO IV

Records: 14 | Show: All Selected | Records (0 out of 112 Selected) | Options

Records: 14 | Show: All Selected | Records (0 out of 112 Selected) | Options

Records: 14 | Show: All Selected | Records: 14 | Show: All Selected

4350960.23 6925022.46 Meters

Fig. 4.16. Base de datos de las calicatas con análisis físico-químicos

Resultados

CAPÍTULO V

5.RESULTADOS

5.1 Análisis geoespacial

5.1.1 Análisis topográfico y generación de mapas de atributos

La interpretación visual de los mapas de curvas de nivel con equidistancia de 1m, derivados del MDE de 90 metros de resolución (Fig.5.1), permitieron distinguir características del relieve tales como fallas (1) y cambio de pendientes, mientras que los mapas con equidistancia de 5m fueron útiles para identificar las vías de escurrimiento y discriminar los zonas altas y bajas (Fig.5.2).

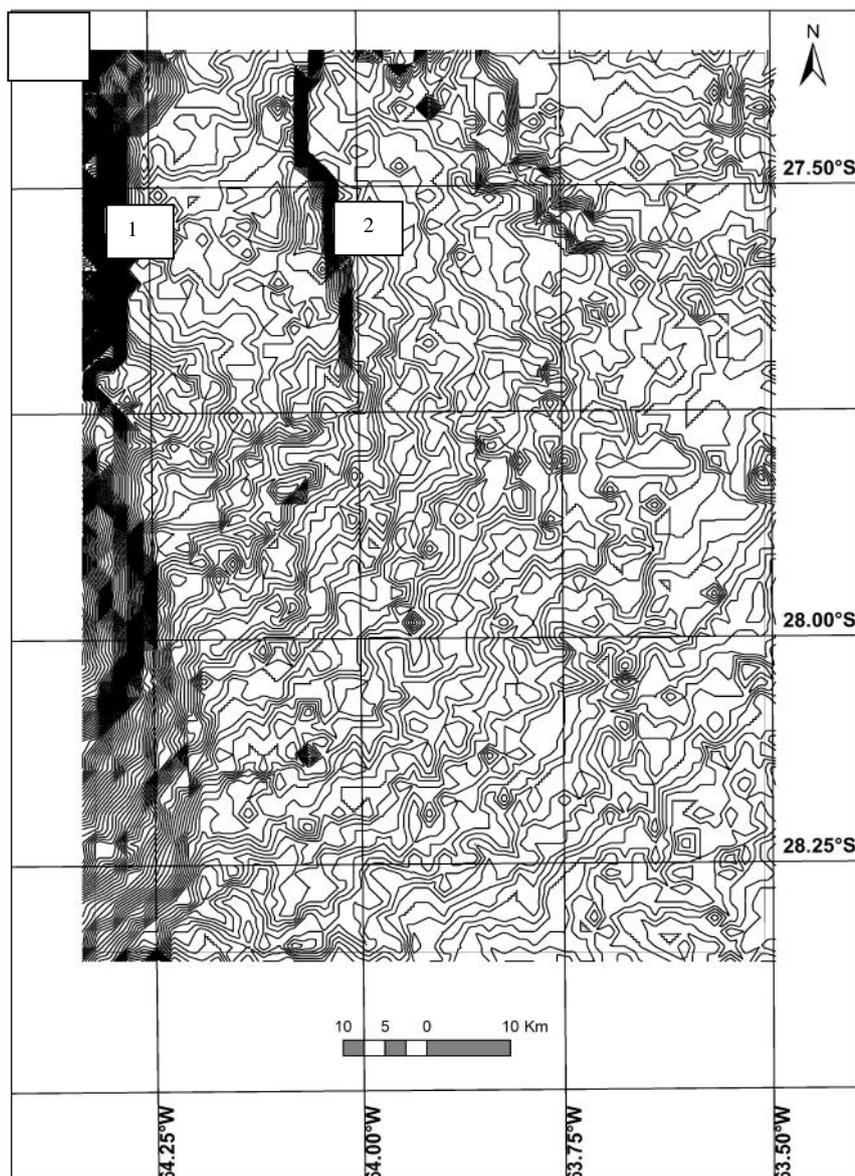


Fig. 5.1 Mapa de curvas a nivel con equidistancia de 1m: falla 1) principal en el oeste y 2) secundaria al este

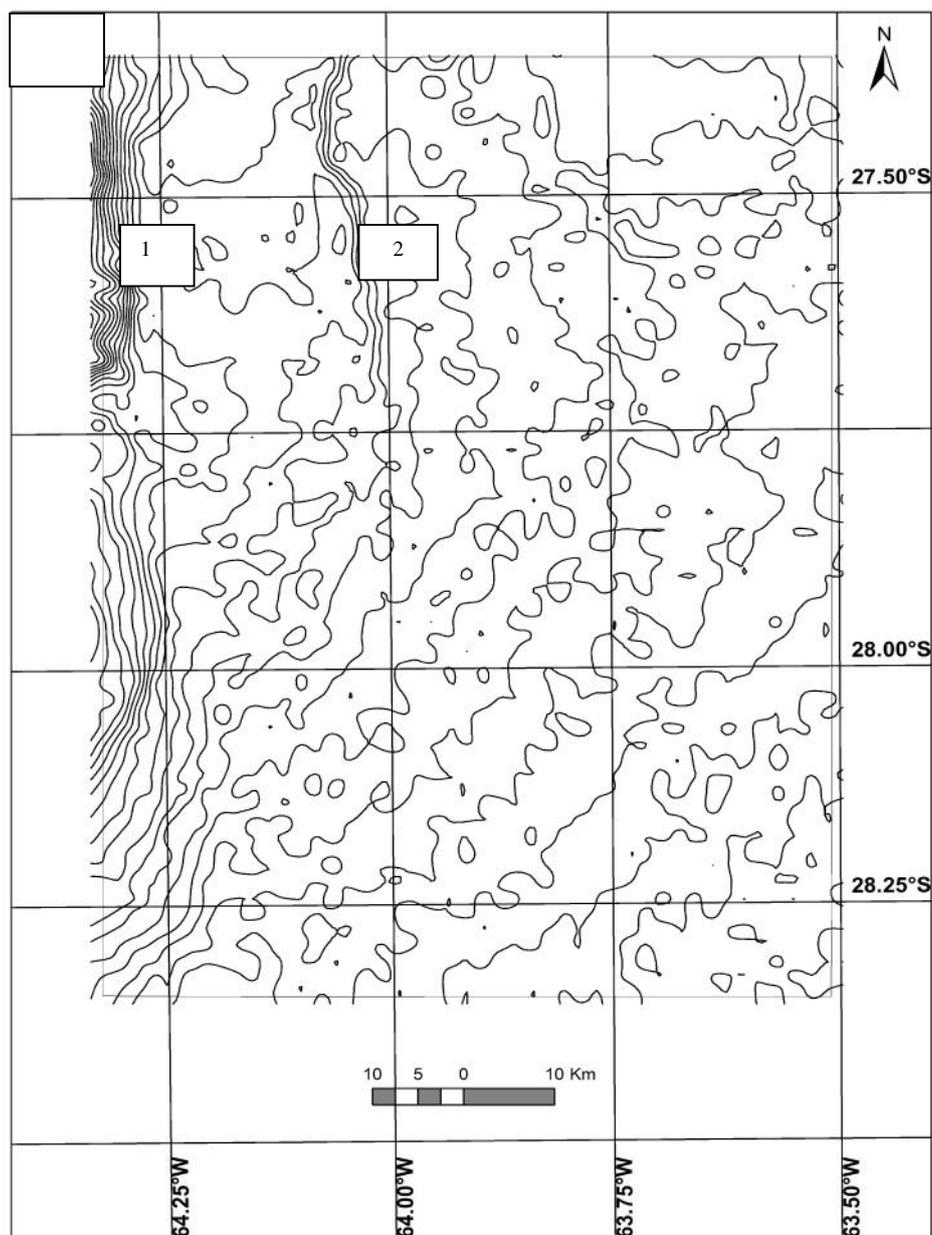


Fig. 5.2 Mapa de curvas a nivel con equidistancia de 5m: falla 1) principal en el oeste y 2) secundaria al este

En el mapa de la red de drenaje (Fig. 5.3) se destaca una subcuenca del Río Salado cuyas aguas fluyen hacia el norte y al este (1), un abanico aluvial excentrico hacia el sureste, y el curso principal del Río Dulce hacia el sur (2).

Por su parte, en el mapa de isoformas (Fig. 5.4) fueron reconocidas los siguientes rasgos: un abanico con su vértice en el oeste y un área divergente de suave pendiente hacia el noreste y sureste (1), una falla principal y otra secundaria (2), valles orientados norte-sur paralelos al pie de la falla principal (3), y una laguna alargada de poca profundidad al pie de la falla secundaria (4).

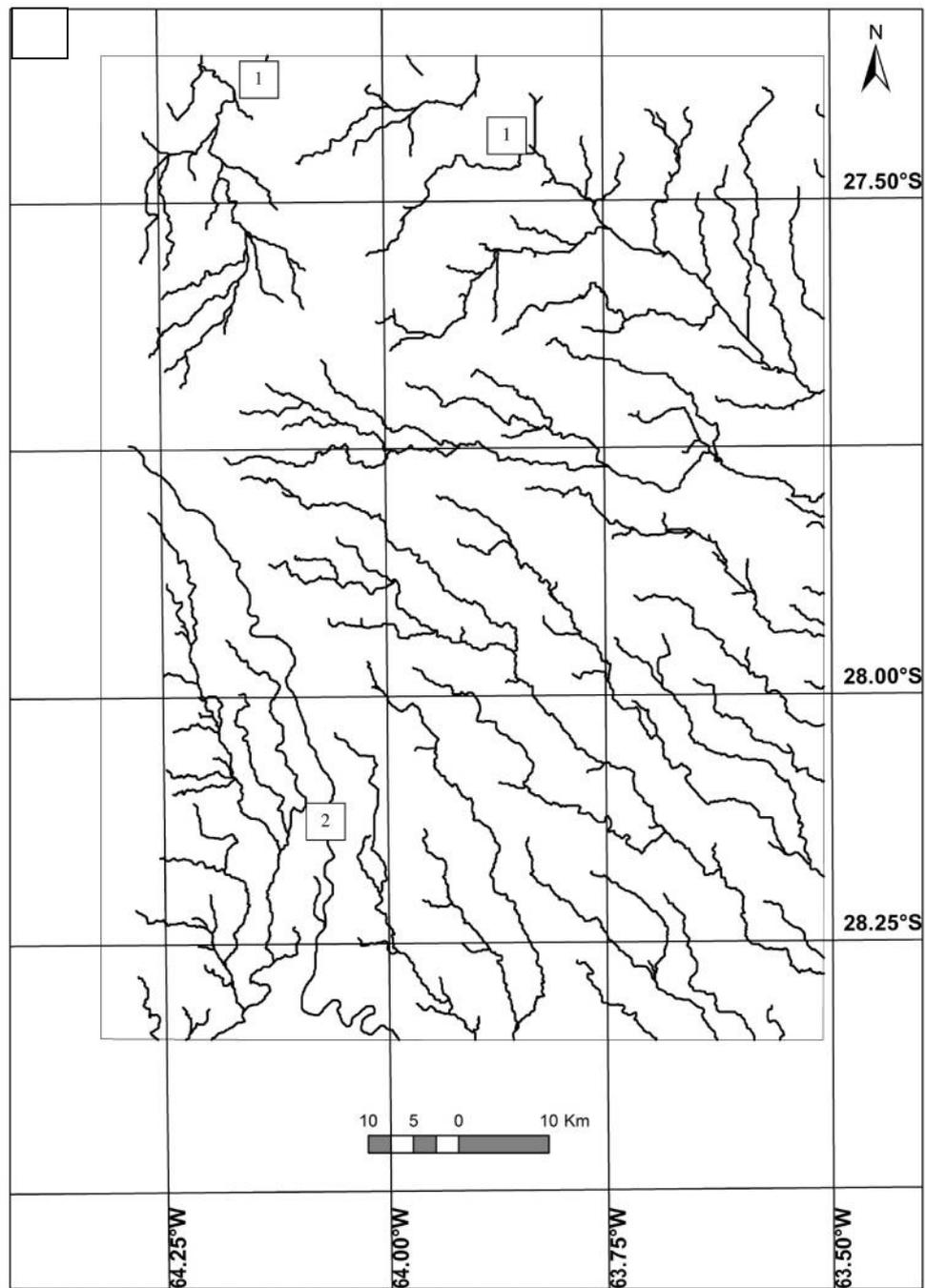


Fig. 5.3 Mapa de red de drenaje: 1) subcuenca del Río Salado, 2) abanico aluvial y curso del Río Dulce

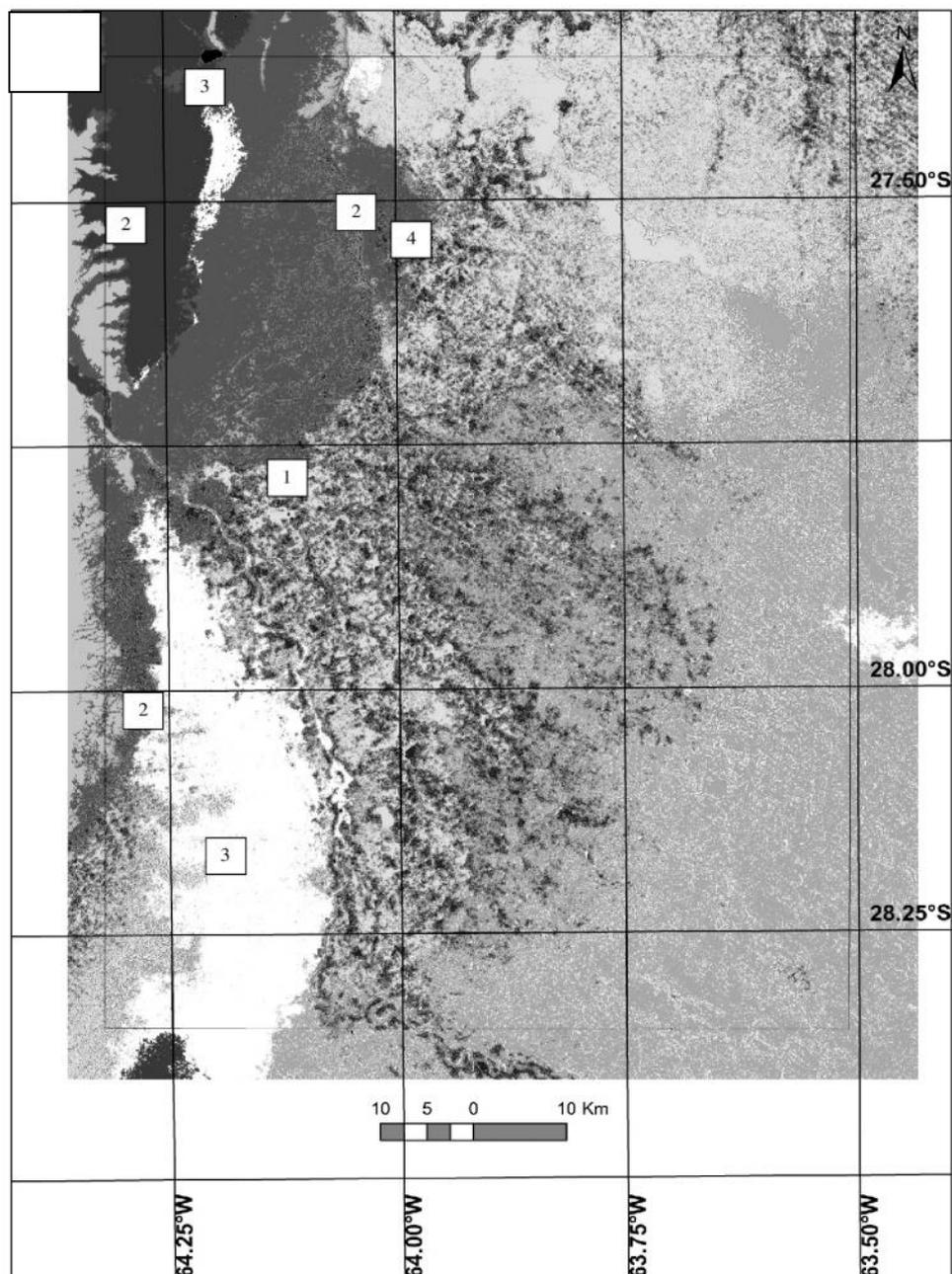


Fig. 5.4 Mapa de Isoformas: 1) abanico aluvial, 2) falla secundaria, 3) valles, 4) laguna poco profunda alargada al pie de la falla secundaria

5.1.2 Interpretación visual de imágenes satélite

Los cuerpos de agua, ríos principales, arroyos, meandros, humedad de suelo, cambios de tipos de vegetación fueron identificados por la diferenciación de patrones de matices, tonos, y texturas, analizadas en secuencias de diferentes combinaciones de bandas de las imágenes satelitales.

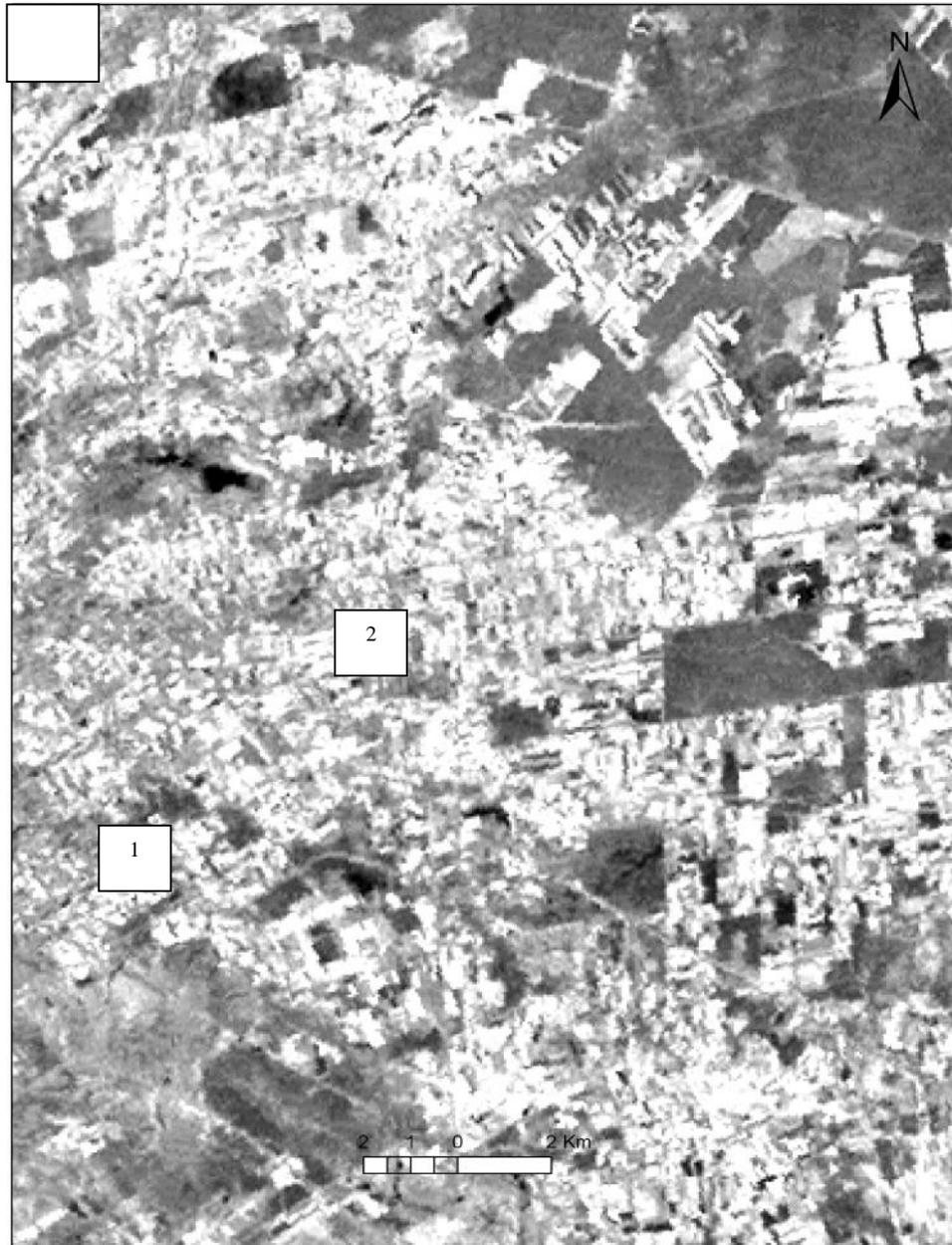


Fig. 5.6Detalle de escena Landsat MSS (Banda 3) enero-75: 1) meandro parcialmente colmatado, 2) parcelamiento intenso

Se elaboró una serie de tablas con las unidades delineadas provisionarias resultado de la interpretación visual de los elementos, fisonomías y fisiografía de todas las imágenes imágenes satelitales Landsat MSS y TM seleccionadas. Estas clasificaciones se utilizaron para delimitar las unidades de paisaje tentativas

En la Tabla 5.1 se presenta como ejemplo los resultados de la interpretación visual de una imagen satélite, que en este caso es Landsat MSS de 1975(Banda 3), la más antigua seleccionada para reducir la modificación antrópica en el paisaje. En algunos casos las unidades tienen uno o más elementos descriptivos según la posibilidad que ofrece la imagen.

Las unidades delineadas por interpretación visual de imágenes, se analizaron en varias etapas una a una y en conjunto a fin de combinarlas y sintetizarlas en unidades tentativas de identificación del paisaje. En el muestreo de campo y estudio de los perfiles se completa la caracterización de la unidad y la denominación final. En el estudio de los perfiles se determina la composición de suelos, la posición en el relieve, perfiles seleccionados como modales, con la clasificación taxonómica, limitantes, capacidad de uso, y símbolo de unidad cartográfica del mapa de suelos.

5.2 Relación paisaje-suelo

5.2.1 Descripción de las unidades de cartográficas paisaje-modelado-geoforma

Las unidades cartográficas constituyen los ambientes con las características principales, donde se estudiaron en campo los componentes de suelos a varios niveles mediante el análisis integrado y las correlaciones entre geomorfología y suelos.

A continuación se describen las unidades cartográficas, como unidades jerárquicas de paisaje-modelado-geoformas anidadas, presentadas desde la posición topográfica más alta, hacia la parte baja del relieve en el este y desde la clasificación geomorfológica más general a la unidad más pequeña, incluyendo los nombres y símbolos que se utilizan en el mapa y texto.

El área de estudio comprende tres tipos de paisajes, nueve tipos de modelados, y catorce tipos de geoformas.

Tabla 5.1 Observación e interpretación de elementos de la imagen para clasificación de unidades tentativas

Unidad	Tono	Textura	Patrón	Forma	Tamaño	Altura	Entorno
1	Gris medio discontinuo: en el material eólico áreas más bajas que han sido quemadas y rebrotan	lisa	eólico	Borde definido al oeste: donde se localiza una falla principal con resalto y un cono aluvial hacia el este (Falla de Huyamapa)			
2	Gris medio homogéneo, material eólico		Eólico fluvial				
3	Gris oscuro: áreas de bajadas disectadas suaves blanco	Liso y diluido		Irregular	Amplio	Media	Cercano al río
4	Gris claro y oscuro grueso, marmolada: bajo aplanados con escurrimiento						
5							
6	Negro: agua, río y lagunas (Río La Guardia)			Curso discontinuo, ancho, con ensanches: localización del cauce y lagunas (Río de La Guardia).			
7				Area amplia uniforme de escasa pendiente con líneas de escurrimiento: localización de la planicie aluvial y cauce (Río Salado)			
8	Gris oscuro y claro marmolado: planos con pendiente						
9							
10	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco y gris punteado de forma irregular pero con una dirección: áreas cubiertas por material arenoso, en una delimitación situada sobre una planicie aluvial de escasa pendiente que posibilita un paisaje de cauce discontinuo, albardón planos cóncavos y suelos poco desarrollados. • Gris claro periférico y asociado a gris oscuro en la periferia: se debe a acumulación salina si el anegamiento es prolongado. • Gris claro alargado en forma de cordón: albardón, curso meandriforme, material parental de los suelos y morfológicos. 	Rugoso		<p>Areas oscuras y claras alternando en forma paralela: muestra una morfología distinta al resto del área que homogénea. Planicie aluvial antigua hacia el Sureste</p> <p>Cordones alineados más claro: albardones formados por cauces actuales y antiguos.</p>	23 km	Baja	Paralelo
11				Curvas: meandros.			
12	Negro y gris oscuro: interfluvios con vegetación densa, áreas más húmedas.			Fajas orientadas en una dirección: interfluvios con hidromorfismo.			
13	Blanco y negro: agua (Río Dulce)	Lisa		Curso continuo lineal, angosta continuo con curvas, localización del Río Dulce.	30 km	Baja	
14				<p>Escalones y estructuras lineales: fallas menores secundarias paralelas y otras transversales (Río Dulce y Chumillo).</p> <p>Parcelas amplias bordes rectos: en explanadas, lomas extendidas con mayores rasgos eólicos.</p> <p>Parcelas pequeñas irregulares: en superficies con mayores rasgos fluviales (meandros, albardones, derrames). Parcelas pequeñas y orientadas según cauce abandonado y meandro.</p> <p>Líneas rectas y circulares: parcelas riego por inundación y por pivot en explanada.</p>			
15				<p>Areas con cuadrículado compacto de parcelas pequeñas menores, intercalada áreas homogéneas con vegetación nativa.</p> <p>Areas alargadas ensanchadas en dirección N-S</p>			
16	Gris oscuro: localizado cercano a río, en determinados áreas corresponde a terrazas bajas y derrame que ha posibilitado formación de suelos hidromórficos			Planos surcados por líneas: vías de avenamiento			
17				Areas planas recortadas cercanas a ríos actuales y antiguos: desbordes y terrazas.			
18	Gris	Gruesa		Areas elongadas: cauces			

5.2.1.1 Planicie fluvio-eólica chaqueña (Río Salí-Dulce)

La *Planicie fluvio-eólica chaqueña (Río Salí-Dulce)*, en el oeste y centro del área de estudio, corresponde a un paisaje ligeramente convexo con 0.5-1% de pendiente, presenta tres modelados: Mega abanico proximal, Mega abanico distal y Antiguo flujo aluvial, con sus correspondientes geoformas.

a) El *Mega abanico proximal* que coincide con la planicie pedemontana de la Bajada Distal del Piedemonte de las Sierras Subandinas y Pampeanas (Angueira, 2007), es un terreno suavemente ondulado que no presenta cambios climáticos o texturales de los materiales originarios por el manto de loess. Sólo existen algunas diferencias topográficas, de sectores suavemente deprimidos con la freática cerca de la superficie, que puede afectar a aptitud de los suelos.

Este modelado está compuesto por la geoforma *Cobertura de loess (1P)*, constituye una explanada general con relieve de lomas planas extendidas cubiertas por sedimentos eólicos que se caracterizan por la homogeneidad de textura, franco limosa a limosa con porcentajes altos de partículas del tamaño del limo, que oscila entre 7 a 9 % limo de 2 a 6 μ y 17 a 20 % de limo de 6 a 20 μ , (Ramspeerger, 1992). Este manto eólico está apenas disectado por *Cubetas de deflación (2P)*, las cuales son unidades anchas y alargadas poco profundas de reducida representatividad deflacionadas por el viento, que por la posición que ocupan en el relieve, en épocas de lluvias que encauzan las aguas actuando como vías de escurrimiento o las estancan.

b) El modelado *Mega abanico distal* es un depósito aluvial de forma cónica de arena y materiales más finos formados en el área donde el río al salir de la falla de Huyamampa se enlentece y descarga en una planicie a menor nivel. El Río Dulce, caracterizado por una activa incisión en la cuenca superior, cambia en el cauce medio, donde el gradiente del río decrece bruscamente por la falla y la carga de sedimentos es depositada bloqueando el canal, desbordando hacia ambos márgenes, con numerosos depósitos más gruesos de flujos de lodo cercanos al ápice. Esta acumulación ha producido cambios frecuentes de rumbo generando una forma de abanico a partir del vértice. Los sucesivos cambios de rumbo del cauce principal o secundarios, han sido naturalmente acompañados por la erosión y sedimentación propias del ciclo fluvial, generando un patrón de distribución de materiales extremadamente intrincado y complejo.

Este modelado presenta dos geoformas: *Planicie interfluvial (3P)* y *Cauce colmatado (4P)*.

Planicie interfluvial (3P) los planos convexos o suavemente onduladas, producidos en la génesis del mega abanico distal, dan forma a sucesivas fajas que parten de un vértice, con interfluvios entre ellas, cubiertos por sedimentos eólicos durante la alternancia de los cambios climáticos pluviales del cuaternario reciente.

Cauce colmatado (4P), localizados dentro de la planicie interfluvial, son planos cóncavos, irregulares, elongados o depresiones curvilíneas poco profundas, cargado con sedimentos, a veces con acumulaciones eólicas en los bordes, producidos por los sucesivos cambios de rumbo del cauce principal o secundarios, que han sido naturalmente acompañados por la erosión y sedimentación propias del ciclo fluvial, generando un patrón de distribución de materiales extremadamente intrincado y complejo.

c) El modelado *Antigua planicie aluvial* presenta la geoforma *Napa de explayamiento (5P)*, relativamente plana, con forma de un abanico casi cerrado de arena y sedimentos más finos que se formó cuando la corriente disminuyó y se disipó, donde la erosión y la deposición de sedimentos se compensan más o menos la una a la otra, alternando en el tiempo. Este tramo es una zona donde un antiguo río fluyó entre su propio aluvión, con canales, meandro, terrazas y/o abanicos aluviales. En la parte baja ocurre la mayor acumulación de sedimentos, donde las aguas y materiales finalizan en una cuenca seca de tipo endorreico determinado por una falla oeste-este.

La unidad denominada *Dique aluvial (6P)* está conformada por los canales y albardones, alargados y paralelos, atraviesan la planicie de inundación baja con orientación noroeste-sureste.

5.2.1.2 Valle (Río Dulce)

El *Valle (Río Dulce)* este paisaje está caracterizado por tres tipos de modelado, una Terraza media, una Terraza baja y una Planicie de inundación activa, donde en periodos de crecidas excepcionales se produce colmatación originando el desplazamiento del curso hacia tramos antiguos abandonados y en varios sectores los afluentes laterales que drenan a la

llanura aluvial producen cárcavas. Denominada también lanicie fluvial (Woessner 2000) que constituye el canal, la planicie de inundación y los sedimentos aluviales de los cursos antiguos o actuales.

a) La *Terraza media* es el terreno más alto formado por el río en su margen derecha con albardones y antiguos cursos de agua incluidos en la geoforma denominada *Albardón y desbordes (mt) (7D)*.

b) La *Terraza baja* sobre la margen izquierda comprende *Albardón y desbordes (lt) (8D)* que corresponde a superficies planas adyacentes sobre la llanura de inundación formada por la deposición aluvial durante períodos de derrames.

c) La *Planicie de inundación activa* incluye el *Río (9D)*, entre los cursos divergentes colmatados y los cursos de menor orden generalmente secos, se destaca hacia la margen derecha del abanico, un curso principal con meandros, formado por un único canal de escasa pendiente, mediana sinuosidad, con depósitos en el borde convexo de los meandros, bordeado por diques naturales o albardones detrás de las cuales pueden producirse áreas inundadas derrames y lagunas cuando se acumula más agua de la que se puede retener entre los albardones, generalmente en los costados internos de las curvas de los meandros.

5.2.1.3 Planicie aluvial migratoria (Río Salado)

La *Planicie aluvial migratoria (Río Salado)* es un área con 0.5-1% de pendiente sureste compuesta por tres modelados: un valle fluvial activo, una planicie de inundación activa, y una terraza fluvio-eólica remanente.

a) El *Valle fluvial activo*, los paisajes con rasgos fluviales son tierras bajas, planas y niveladas, formadas principalmente por sedimentos recientes no alterados. Los procesos tectónicos con cambios de nivel y fluctuaciones climáticas que ocurrieron durante el Cuaternario, tuvieron influencia en el comportamiento de los ríos, patrón de canales, secuencia de sedimentos, en la formación de cuencas sedimentarias, donde los ríos disminuyen su gradiente, pierden capacidad de transporte, y depositan su carga en el lecho o la mueven en suspensión distancias cortas.

Este modelado comprende dos geoformas: una *Planicie de desbordamiento (10S)*, extensa, baja entre los albardones y terrazas, denominado por Frenguelli (1925) a esta situación llanura de desborde con dique-cañada, albardón-cauce y *Albardón (11S)*, alargadas áreas altas casi paralelas en dirección norte-sur distribuidss a través de la Planicie aluvial de desbordamiento.

b) La *Planicie de inundación activa* consiste en Terraza baja y bañado (*12S*), formado por un cauce temporario y un área baja, intermitentemente cubierta por agua y vegetación de arbustos y árboles.

c) La *Planicie fluvio-eólica remanente* está formada por dos geoformas: un *Plano aluvial (13S)* que consiste en un área con pendiente suavemente ondulada, remanente de una planicie aluvial sin una red de drenaje; y el *Canal aluvial (14S)*, que corresponde a áreas cóncavas poco profundas a través del cual el escurrimiento es drenado en períodos de excesos.

5.2.2 Descripción y clasificación de suelos: Caracterización, descripción y clasificación

5.2.2.1 Perfiles de suelos en cada unidad cartográfica paisaje-modelado-geoforma

En este punto se describen los suelos que se han estudiado en el área de trabajo, en cada una de las unidades cartográficas paisaje-modelado-geoforma delimitadas. Las geoformas y los suelos se influyen unos a otros, siendo uno de ellos el factor dominante de acuerdo a las circunstancias, la condición natural y el tipo de paisaje. La principal característica en el área de estudio es que el proceso sedimentario controla la distribución de suelos y propiedades, el tipo de pedogénesis y el grado de desarrollo de suelo en todos los paisajes.

En la primera parte se procede, a nombrar las unidades de paisaje-modelado-geoforma, desde la posición topográfica más alto del relieve hacia el este, consignando los perfiles de suelos identificados como principales en cada una de las unidades cartográficas. En la descripción de cada perfil de suelo se indica la secuencia de horizontes que lo caracteriza, las propiedades internas y algunas características externas del suelo, la posición que ocupa en

el paisaje y entre otras condiciones su drenaje natural. Además de los rasgos distintivos se clasificaron taxonómicamente como subgrupos.

Cada perfil se ha designado con un código y con el nombre de algún lugar importante del área donde el suelo respectivo se encuentra mejor representado o donde fue primeramente estudiado. Se han realizado 76 perfiles distribuidos entre las distintas unidades cartográficas y que se encuentran especificados en el ANEXO II.

A modo de ejemplo se incluye el perfil VG92 de la unidad PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE) – MEGA ABANICO PROXIMAL – COBERTURA DE LOESS – 1P

PERFIL: VG92 El Hacha EHa

El suelo El Hacha se caracteriza por la siguiente secuencia de horizontes: A1, AC, C. El A1 corresponde a un epipedón mólico pardo rojizo oscuro y el AC a un horizonte cámbico poco estructurado. Son suelos desarrollados sobre materiales eólicos de textura franca limosa en todo el perfil. Se localiza en las explanadas de la llanura estabilizada chaqueña y en llanuras anegables de bañados y en bajos tendidos. Su aptitud natural es ganadera limitada por condiciones de aridez. Con riego son excelentes suelos agrícolas.

Se clasifican como Haplustoles áridicos y se ubica en la unidad de mapeo MNai-7.

Tabla 5.2 Información general del suelo. Perfil VG92 El Hacha EHa

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 92	Vegetación: Bosque chaqueño altura intermedia
Nombre: El Hacha	Material original: Loess
Símbolo: EHa	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: MNai-7	Posición: Llano
Clasificación taxonómica: Haplustol árido	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: /06/80	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Ubicación: 4 km NO de Arraga, Depto	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Silípica, Santiago del Estero	Peligro anegamiento: Sin Peligro de inundación
Latitud: 28° 03' S	Distribución de Humedad: No uniforme
Longitud: 64° 16' O	Cobertura: 60 %
Altitud: 183 m	Sales o álcalis: No salino
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Uso de la tierra: Ganadería de cría

Descripción técnica del perfil de suelo El Hacha:

A1 0-18 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares medios débiles; límite claro suave.

AC 18-60 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; franco limosa; masivo; límite claro suave.

IIC 60 cm +; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; franco limosa; grano suelto; reacción moderada de carbonatos en la masa.

Tabla 5.3 Datos analíticos del suelo. Perfil VG92 El Hacha EHa

Horizonte.	A1	AC	IIC
Profundidad, (cm)	0-18	18-60	60+
Arcilla, (%)	10.2	7.8	8.6
Limo, (%)	62.4	65.2	64.4
Arena, (%)	27.4	27	27
Textura	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
Materia Orgánica, (%)	1.51	1.46	0.91
Carbono Orgánico, (%)	0.88	0.85	0.53
Nitrógeno total, (%)	0.121	0.098	0.079
Relación C/N	nd	nd	nd
Fósforo, (p.p.m)	32	25	20
Carbonato de Ca (%)	0	0	0.7
Capacidad Hídrica de Saturación, (%)	100	100	nd
pH en pasta	7	7.6	7.56
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.484	0.415	3.115
Calcio, (meq/100 g)	11.1	13.58	nd
Magnesio, (meq/100 g)	1.66	2.46	nd
Sodio, (meq/100 g)	0.5	0.31	0.58
Potasio, (meq/100 g)	2.06	2.52	2.27
C.I.C, (meq/100 g)	14.75	15.6	14.8
P.S.I, (%)	3.4	1.9	nd
Cloruro soluble, (meq/l)	nd	nd	nd

5.2.2.2 Datos analíticos de todos los perfiles de suelos en cada unidad cartográfica paisaje-modelado-geoforma

En el punto anterior se realizó la descripción general del suelo y del sitio, la secuencia de horizontes que lo caracteriza, las propiedades internas del suelo y la clasificación taxonómica en subgrupo de suelo. En este punto a efecto de facilitar comparar, correlacionar y ajustar la clasificación de los perfiles de suelo se presentan únicamente los datos analíticos.

Resultados

Tabla 5.4. Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cobertura de Loess-1P

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq	
VG 92	El Hacha	Haplustol aridico	A1	0-18	10	62	27	FL	1,5	0,9	0,1	7,3	32,0	0,0		7,0	0,5	11,1	1,7	0,5	2,1	14,8	3,4		
			AC	18-60	8	65	27	FL	1,5	0,9	0,1	8,7	25,0	0,0		7,6	0,4	13,6	2,5	0,3	2,5	15,6	1,9		
			IIC	60-100	9	64	27	FL	0,9	0,5	0,1	6,7	20,0	0,7		7,6	3,1			0,6	2,3	14,8			
VG 93	Arraga	Haplustol aridico	A1	0-20	9	62	29	FL	1,1	0,6			15,1	0,0	65	7,5	0,2	8,8	1,7	0,2	1,4	18,8	1,2		
			AC	20-60	7	62	31	FL	0,6	0,4			7,4	0,0		7,4	0,3	10,6	1,4	0,3	1,4	12,4	2,2		
			IIC	60-100	7	64	29	FL	0,3	0,2			8,7	0,7		8,1	0,3			0,7	1,6	11,7			
VG 95	La Porteña	Haplustol aridico	A1	0-25	7	62	30	FL	1,3	0,8	0,1	8,2	34,0	0,0		6,7	0,3			0,2	2,6	13,8	1,4		
			AC	25-70	8	68	24	FL	1,0	0,6	0,1	8,6	15,3	0,5		8,2	0,4			0,4	1,5	13,5	2,9		
			IIC	70-110	7	68	25	FL	0,7	0,4	0,1	6,7	15,3	0,5		8,1	0,4			0,7	1,3	12,5	5,2		
AC 1	La Maria	Haplustol Torriortentico	A1	0-20	12	64	24	FL	2,4	1,4	0,1	10,0	14,0	0,0	39	6,3	0,5	13,2	2,4	0,4	2,1	16,8	2,4	4	
			AC	20-52	10	62	28	FL	1,1	0,7	0,1	6,0	15,0	0,0	36	7,2	0,2	11,4	3,0	0,4	1,2	14,8	2,7	4	
			C1k	52-87	11	58	31	FL	0,5	0,3	0,1	4,0	12,0	0,9	32	7,8	0,9	11,1	3,2	1,1	1,5	12,0	9,2	4	
			C2k	87-150	6	60	34	FL	1,2	0,7	0,1	7,0	12,0	1,8	39	7,9	3,5			1,6	1,8	12,9	12,4	4	
			A	0-18	9	60	31	FL	0,7	0,4	0,1	6,0	7,0	0,0	31	7,0	0,6	7,8	2,5	0,9	1,2	12,1	7,0	4	
AC 2	La Mariax	Haplustol Torriortentico	AC	18-56	8	61	31	FL	0,4	0,2	0,0	6,0	14,0	0,0	30	7,3	0,3	5,6	2,4	1,0	0,9	11,0	9,0	4	
			C1	56-83	9	58	33	FL	0,3	0,2	0,0	5,0		2,7	28	7,5	0,8			3,0	1,5	10,8	28,0	4	
			C2	83-110	9	55	36	FL	0,2	0,1	0,0	3,0	12,0	2,3	27	7,7	1,3			5,0	1,6	10,7	47,0	4	
AC 231	14 Quebrachos	Haplustol torriortentico	A	0-18	9	64	27	FL	2,3	1,3	0,1	11,0	77,0	0,0	38	6,7	0,5	7,1	1,7	0,4	1,2	14,8	3,0	5	
			AC	18-37	7	61	32	FL	1,4	0,8	0,1	12,0	49,0	0,0	35	7,3	0,4	8,2	1,4	0,6	1,2	11,6	5,0	4	
			C1k	37-110	9	59	32	FL	0,8	0,5	0,1	8,0	21,0	2,0	34	7,7	6,4			2,2	1,4	11,4	19,0	51	
			A11	0-8	14	58	28	FL	1,4	0,8	0,1	8,5	32,4	0,0			0,2	8,5	9,8	0,1	2,2	15,0			
AC 71	LM_7años1	Haplustol torriortentico	A12	8-21	11	57	32	FL	1,5	0,9	0,1	8,9	27,4	0,0		0,1	10,5	6,5	0,1	2,0	14,8				
			AC	21-55	7	66	27	FL	0,7	0,4	0,1	6,0	14,0	0,1		0,1	8,2	7,9	0,5	1,5	13,0				
			C1	55-75	6	60	34	FL	0,3	0,2			12,0	0,6		0,2	14,3	11,3	0,7	0,8	10,8				
			C2	75-150	6	57	37	FL	0,3	0,2			8,7	1,3		0,2	17,8	13,0	0,7	1,1	13,3				
AC 72	LM_7años2	Haplustol torriortentico	A11	0-9	13	59	28	FL	1,4	0,8	0,1	9,4	54,5	0,0		0,2	7,5	11,8	1,9	0,1	16,3				
			A12	9-18	12	59	29	FL	1,4	0,8	0,1	16,2	51,9	0,0		0,1	6,2	11,6	1,8	0,1	15,0				
			AC	18-50	8	61	32	FL	0,6	0,3	0,0	17,0	12,4	0,0		0,1	9,3	10,2	1,5	0,3	13,4				
			C1	50-90	4	57	39	FL	0,3	0,2			6,8	1,5		0,2	18,3	11,2	0,8	0,8	11,7				
			C2	90-150	6	55	40	FL	0,2	0,1			2,2	1,8		0,2	19,0	10,0	0,7	1,1	13,3				

CAPÍTULO V

Tabla 5.5. Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cobertura de Loess-1P (Continuación)

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq	
AC 73	LM_Cortina	Haplustol torriortentico	A11	0-12	14	58	28	FL	5,5	3,2	0,3	13,3	103,5	0,0				0,3	10,3	7,7	0,0	1,3	21,5		
			A12	12-25	10	56	34	FL	1,9	1,1	0,2	8,2	78,2	0,0				0,1	8,5	10,0	0,0	1,6	15,9		
			AC	25-55	8	55	38	FL	1,1	0,6	0,0	9,8	51,0	0,1				0,2	10,3	18,5	0,1	2,1	14,6		
			C1	55-95	5	63	32	FL	0,5	0,3			13,3	0,6				0,2	13,3	11,0	0,1	1,9	11,1		
			C2	95-150	3	60	37	FL	0,2	0,1			2,9	2,1				0,4	17,8	11,7	0,1	1,9	11,5		
AC 75	LM_Bosque1	Haplustol torriortentico	A11	0-9	16	53	31	FL	5,5	3,2	0,3	11,1	66,5	0,0				0,1	12,8	13,0	0,0	1,2	23,0		
			A12	9-30	8	51	41	FL	1,4	0,8	0,2	4,9	34,0	0,0				0,1	9,8	8,5	0,0	0,8	13,0		
			AC	30-55	7	53	40	FL	1,0	0,6	0,1	7,8	32,1	0,1				0,1	11,3	7,5	0,0	1,3	13,3		
			C1	55-85	2	51	47	FL	0,6	0,3			5,5	1,8				0,1	19,5	10,0	0,1	1,2	11,3		
			C2	85-150	3	54	42	FL	0,4	0,3			2,0	2,1				0,1	16,3	13,5	0,1	1,5	10,7		
AC 76	LM_5años	Haplustol torriortentico	A11	0-15	12	57	31	FL	1,8	1,0	0,1	11,2	61,0	0,0				0,1	7,8	9,5	0,0	1,9	14,6		
			A12	15-25	8	62	31	FL	1,9	1,1	0,1	11,9	57,7	0,0				0,1	13,0	5,0	0,1	1,5	16,4		
			AC	25-70	8	55	36	FL	1,0	0,6	0,0		14,8	0,1				0,1	9,5	7,8	0,4	1,4	15,1		
			C1	70-95	6	56	38	FL	0,3	0,2			14,9	0,8				0,3	16,5	11,0	1,9	1,1	13,3		
			C2	95-150	5	55	40	FL	0,2	0,1			14,0	1,7				0,4	16,8	13,5	3,3	1,0	12,2		
AC 77	LM_1año	Haplustol torriortentico	A11	0-11	12	60	28	FL	1,6	1,0	0,1	9,0	64,2	0,0				0,1	8,0	8,8	0,0	1,5	13,6		
			A12	11-22	8	67	25	FL	0,9	0,5	0,1	8,1	33,5	0,0				0,1	8,8	7,7	0,2	1,4	14,1		
			AC	22-60	6	66	28	FL	0,6	0,3	0,0		11,1	0,0				0,1	10,5	7,5	0,1	1,7	10,7		
			C1	60-95	6	60	34	FL	0,4	0,2			16,1	0,7				0,1	16,3	9,0	0,1	1,5	12,4		
			C2	95-150	5	51	44	FL	0,2	0,1			3,2	2,3				0,3	20,5	11,0	2,0	1,3	12,9		
AC 78	LM_Bosque2	Haplustol torriortentico	A	0-14	12	60	28	FL	3,7	2,2	0,2	11,0	87,0	0,0	46	5,6	0,8	11,0	2,3	0,4	1,0	18,8	2,0	4	
			AC	14-65	11	63	26	FL	0,7	0,4	0,1	7,0	15,0	0,0	37	6,9	0,4	8,3	2,6	0,9	1,2	13,8	0,0	4	
			Ck	65-150	11	58	31	FL	0,2	0,1	0,0	4,0		0,9	29	8,1	0,6	3,7	2,6	3,7	1,6	15,1	24,0	4	
			A12	10-31	3	57	40	FL	1,0	0,6	0,1	4,9	24,8	0,0				0,1	9,0	9,5	0,0	1,0	13,2		
			AC	31-63	4	51	45	FL	0,7	0,4	0,0	7,8	24,1	0,3				0,2	9,3	10,7	0,6	1,0	12,4		
			C1	63-100	3	51	46	FL	0,5	0,3			17,7	1,0				2,9	24,5	11,8	1,7	1,3	11,1		
			C2	100-150	3	51	46	FL	0,3	0,2			17,2	1,1				2,2	17,3	14,5	5,0	1,4	11,3		

Resultados

Tabla 5.6. Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cubeta de Deflacion-2P

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 74	LM_Desarbusta	Haplustol torriortentico	A11	0-10	11	52	37	FL	1,9	1,1	0,1	11,1	67,0	0,0			0,1	7,3	12,2	0,0	1,2	13,5		
			A12	10-31	3	57	40	FL	1,0	0,6	0,1	4,9	24,8	0,0			0,1	9,0	9,5	0,0	1,0	13,2		
			AC	31-63	4	51	45	FL	0,7	0,4	0,0	7,8	24,1	0,3			0,2	9,3	10,7	0,6	1,0	12,4		
			C1	63-100	3	51	46	FL	0,5	0,3			17,7	1,0			2,9	24,5	11,8	1,7	1,3	11,1		
			C2	100-150	3	51	46	FL	0,3	0,2			17,2	1,1			2,2	17,3	14,5	5,0	1,4	11,3		
VG 94	Las Marias-Abra	Haplustol acuico	A1	0-20	10	60	29	FL	1,6	0,9	0,1	10,7	34,0	0,0		5,7	0,2	9,4	1,1	0,3	1,4	2,0	2,3	
			AC	20-70	8	64	28	FL	1,0	0,6	0,1	8,0	5,4	0,0		7,2	0,3	11,6	1,7	0,4	1,6	15,3	2,8	
			IIC	70-110	8	65	27	FL	0,7	0,4	0,1	7,2	6,8	0,0		7,7	0,3	11,5	1,6	0,5	1,9	14,9	3,2	
VG 949	Santa Maria	Haplustol aridico	A1	0-25	13	49	38	F	1,2	0,7	0,1	9,7	4,0	1,1		8,0	3,1			2,9	2,0	13,7	21,0	
			Bw	25-70	9	50	41	F	0,7	0,4	0,0	9,5	2,0			7,7	1,3			1,7	1,3	12,4	14,0	
			C	70-110	7	47	46	F	0,2	0,1	0,0	3,3	6,0			7,7	1,0			1,6	1,3	13,4	12,0	

Tabla 5.7 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq		
AC 113	Chavelas	Argiustol aridico	Ap	0-16	21	51	28	FL	2,0								7,6	16,0	1,4	0,2		18,5		8		
			Bt1	16-41	28	53	19	FArL	0,9									7,5	14,0	1,0	0,2		16,0		5	
			Bt2	41-68	38	48	15	FArL											8,3	16,5	1,4	0,3		19,0		8
			BC	68-100	55	45	1	ArL											7,6	18,0	1,1	1,1		22,0		5
			C1	100-116	31	51	18	FArL											7,4	17,0	1,2	0,8		20,0		7
			C2	116-150	26	54	21	FL											7,2	14,3	1,3	0,6		17,0		
AC 114	Santa Elena	Argiustol aridico	Ap	0-16	26	43	32	F	2,7									7,3	15,0	1,1	0,1		17,1		8	
			Bt1	16-45	30	30	40	FAr	1,4										8,2							5
			Bt2	45-71	28	30	42	FAr											7,2							7
			BC	71-95	22	38	40	F											7,2	9,0	0,3	0,1		9,8		7
			C1	95-170	30	20	50	FACAr											7,9							5
			C2	170-190	33	40	28	FAC											7,2							6
AC 129	El Simbol	Argiustol aridico	A1	0-22	17	58	25	FL	3,2	1,9	0,2	9,0	81,0	3,0	48	7,0	0,6			0,2	2,8	22,9	1,0	4		
			Bt	22-53	18	60	22	FL	1,6	1,6	0,1	8,0	31,0	0,0	43	7,2	0,5	13,1	4,7	0,5	2,5	19,8	3,0	4		
			BC	53-90	17	64	19	FL	1,0	0,6	0,1	5,0	18,0	1,3	44	7,7	0,6			1,7	1,7	23,0	7,0	4		
			C1	90-110	5	45	50	FAr	0,2	0,1	0,0	3,0	18,0	0,5	35	7,9	0,6			1,1	0,8	13,9	8,0	4		

CAPÍTULO V

Tabla 5.8 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación)

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₂ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq	
AC 217	Mili	Argiustol aridico	A	0-19	22	52	26	FL	3,2	1,8	0,2	12,0	46,0	0,0	44	6,7	1,3	10,8	3,6	1,5	2,3	20,2	7,0	2	
			Bw	19-40	26	52	22	FL	1,2	0,7	0,1	8,0	13,0	0,0	38	6,9	0,7	7,4	4,5	2,1	1,5	15,8	13,0	66	
			BC	40-65	20	52	28	FL	0,4	0,2	0,1	2,0	12,0	1,5	31	7,6	1,2			6,0	1,9	14,0	43,0	1	
			C1k	65-110	13	57	30	FL	0,1		0,1	1,0	12,0	2,4	28	7,8	1,5			4,9	1,4	13,4	37,0	2	
AC 256	La Florida	Haplustol acuico	A1	0-14	14	54	32	FL	2,3	1,3	0,1	10,0	28,0	0,0	45	6,7	1,5	11,2	2,5	1,0	1,7	15,4	7,0	4	
			Bw	24-30	17	56	27	FL	0,7	0,4	0,0	10,0	4,0	1,1	42	7,1	2,3			1,8	1,5	14,7	12,0	10	
			C1k	50-100	23	52	25	FL	0,5	0,3	0,0	7,0	5,0	0,9	47	7,3	1,6			1,7	1,3	15,7	11,0	6	
			C2k	100-110	13	49	38	F	0,3	0,2	0,0	6,0	11,0	4,8	34	7,3	1,4			1,2	0,9	11,4	11,0	7	
AC 106	San Javier	Haplustol aridico	Ap	0-14	25	52	23	FL	2,5						45	7,6	1,4	16,2	1,3			18,7	1,0	4	
			AC	14-32	25	48	27	F	1,0							37	7,7	1,2	14,2	1,9			17,0	3,0	5
			C1	32-75	23	48	29	F								24	7,4	2,0	14,1	1,5			16,5	5,0	7
			C2	75-104	27	46	27	F								38	7,5	3,7	14,0	1,4			16,5	22,0	12
			C3k	104-133	20	39	41	F								39	7,7	2,9	13,0	1,0			15,0	27,0	10
			C4	133-150	19	49	32	FL									7,6	3,1						14,0	9
			A1	0-15	26	51	24	FAc	2,4							49	7,5	5,8	15,2	1,5			18,5	35,0	18
			AC	15-49	28	45	28	F	0,7							38	7,7	##	13,0	1,0			16,0	57,0	44
AC 107	San Javier fs	Haplustol aridico	C1	49-76	25	46	29	FAc							39	7,7	##	12,8	1,0			16,0	60,0	51	
			C2	76-103	36	41	23	F								48	7,8	##	14,0	1,4			18,5	65,0	59
			C3k	103-143	13	45	42	F								35	7,6	##	12,0	1,0			14,0	45,0	67
			C4	143-150	16	54	30	FL									7,4	##						16,0	49
AC 209	Villa Nueva	Haplustol aridico	A	0-21	12	48	40	F	2,6	1,5	0,1	11,0	16,0	1,3	39	7,7	1,6			1,3	1,9	13,9	9,0	3	
			AC	21-57	11	48	41	F	0,8	0,4	0,0	11,0	5,0	1,9	28	8,3	3,2			3,4	1,8	9,8	35,0	9	
			C1	57-95	11	48	41	F	0,4	0,2	0,0	10,0	6,0	1,1	28	8,3	5,2			2,9	1,6	9,7	30,0	16	
			C2	95-110	13	38	49	F	0,4	0,2	0,0		1,0	7,9	28	8,4	4,0			4,2	2,5	9,6	42,0	10	
AC 248	La Nortena	Haplustol aridico	A	0-16	17	67	16	FL	2,1	1,2	0,1	10,0	18,0	1,2	47	7,9	1,9			1,3	1,7	18,7	7,0	7	
			B	16-39	16	71	13	FL	0,8	0,5	0,1	7,0	19,0	1,6	43	8,0	1,1			2,3	1,6	16,8	14,0	4	
			C1k	39-110	20	59	21	FL	0,6	0,4	0,1	5,0	7,0	1,9	40	8,1	1,3			2,4	1,6	15,4	16,0	4	
AC 261	Tacoyoj	Haplustol aridico	A	0-21	17	58	25	FL	1,6	0,9	0,1	8,0	8,0	1,1	43	7,4	1,2			1,2	1,1	16,0	8,0	4	
			Bw	21-44	14	55	31	FL	0,8	0,4	0,1	7,0	14,0	0,0	34	7,6	1,0	9,0	2,9	1,4	0,8	13,7	10,0	10	
			BC	44-65	14	55	31	FL	0,5	0,3	0,1	4,0	11,0	0,6	32	7,6	1,1			1,4	0,9	13,5	10,0	3	
			C1k	65-110	14	55	31	FL	0,4	0,2	0,1	4,0	12,0	1,9	32	7,6	1,3			1,4	0,9	13,3	11,0	4	

Resultados

Tabla 5.9 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación)

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₂ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq	
AC 51	Santa Rosa	Haplustol aridico	A1	0-34	22	54	24	FL	2,2	1,3	0,2	8,0	42,0	0,0	46	7,0	1,0	17,3	3,0	0,9	2,1	21,9	4,1	4	
			AC	34-66	25	53	22	FL	1,0	0,6	0,1	10,0	42,0	3,0	47	7,6	0,6			1,2	2,5	26,2	4,6	4	
			C1k	66-110	22	60	18	FL	1,0	0,6	0,1	8,0	8,0	5,4	57	7,9	0,7			1,6	2,1	26,8	6,0	4	
			Ap	0-13	17	50	33	FL	1,5						37	8,0	2,4							18,0	6
			AC	13-45	19	47	35	F	0,5						29	8,4	1,7							14,0	2
AC 108	12 Quebrachos	Haplustol torriortentico	C1	45-81	20	43	37	F							33	8,1	2,9					25,0	7		
			C2	81-107	16	43	41	F							22	8,1	3,8						39,0	10	
			C3k	107-147	16	50	34	F							29	8,1	4,4						36,0	12	
			C4	147-170	15	39	46	FL								8,1	4,6							35,0	12
AC 205	Los Vegas	Haplustol torriortentico	A	0-14	13	58	29	FL	3,8	2,2	0,2	11,0	7,0	1,1	52	7,5	1,8			1,5	1,7	17,4	9,0	2	
			AC	14-32	16	56	28	FL	1,3	0,7	0,1	12,0	3,0	1,2	40	7,7	1,9			1,6	1,6	13,6	12,0	4	
			C1	32-75	12	49	39	F	1,0	0,6	0,0	14,0	4,0	3,0	40	7,7	4,3			1,9	1,6	10,2	19,0	10	
			C2	75-110	14	43	43	F	0,8	0,4	0,0	11,0	9,0	1,0	40	7,5	5,9			1,5	1,3	9,8	15,0	13	
AC 216	Tuama	Haplustol torriortentico	A	0-23	14	58	28	FL	2,0	1,2	0,1	10,0	16,0	0,0	41	5,9	0,4	4,6	1,3	0,5	1,1	14,4	4,0	40	
			AC	23-48	8	61	31	FL	1,5	0,9	0,1	8,0	6,0	0,0	35	6,4	0,3	4,5	1,1	0,5	1,2	12,4	4,0	30	
			C1k	48-110	9	75	16	FL	0,5	0,3	0,0	7,0	5,0	2,5	39	6,8	2,1			0,9	0,6	10,4	9,0	12	
AC 225	Hipolita	Haplustol torriortentico	A	0-24	11	51	38	FL	1,2	0,7	0,1	12,0	15,0	0,9	35	7,1	8,7			0,6	1,2	13,0	5,0	40	
			AC	24-50	14	49	37	F	0,5	0,3	0,0	9,0	15,0	3,0	33	7,0	8,7			1,0	1,1	12,0	8,0	45	
			C1k	50-110	8	46	46	F	0,4	0,3	0,0	13,0	11,0	3,5	34	7,1	7,6			1,3	0,8	9,1	4,0	45	
AC 42	Maquito	Haplustol torriortentico	A1	0-23	7	34	59	FAr	1,1	0,7	0,1	7,0	0,9	0,0	31	7,3	0,5	6,9	1,2	0,2	0,9	8,7	2,0	4	
			AC	23-64	6	35	59	FAr	0,5	0,3	0,1	4,0	2,0	0,0	29	8,0	0,4	8,3	1,2	0,4	0,6	9,6	4,0	4	
			C1	64-130	6	37	57	FAr	0,3	0,2	0,0	6,0	1,0	3,1	29	8,1	0,5			0,5	0,6	8,6	6,0	4	
			IIC2	130-150	5	51	44	FL	0,2	0,1	0,0	6,0	1,0	2,3	32	8,0	1,0			1,1	0,5	8,1	14,0	2	
			A	0-26	23	48	29	FL	1,2	0,7					41	6,8	##	9,9	3,8	4,4	2,6				62
AC 710	San Isidro	Haplustol torriortentico	AC	26-54	18	58	24	FL	0,5	0,3					34	6,8	7,6	9,7	2,9	3,6	2,2			32	
			C1	54-89	17	53	30	FL	0,3	0,2					33	7,0	2,1	10,5	3,1	2,6	1,6			6	
			C2	89-130	20	47	33	FL	0,2	0,1					32	7,0	3,4	12,7	3,1	2,4	1,8			8	
			C3	130-154	18	43	25	FL	0,1	0,1					31	7,0	4,7	11,8	3,0	1,8	1,8			8	
AC 780	Ezcurra	Haplustol torriortentico	II	154-170	18	50	33	FL	0,1	0,1					34	6,9	3,4	14,2	2,8	1,7	1,9			9	
			A	0-14	12	60	28	FL	3,7	2,2	0,2	11,0	87,0	0,0	46	5,6	0,8	11,0	2,3	0,4	1,0	18,8	2,0	4	
			AC	14-65	11	63	26	FL	0,7	0,4	0,1	7,0	15,0	0,0	37	6,9	0,4	8,3	2,6	0,9	1,2	13,8	0,0	4	
			Ck	65-150	11	58	31	FL	0,2	0,1	0,0	4,0		0,9	29	8,1	0,6	3,7	2,6	3,7	1,6	15,1	24,0	4	

CAPÍTULO V

Tabla 5.10 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Río Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación)

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq	
AC 79	Yanda	Haplustol torriortentico	A	0-22	12	64	24	FL	1,4	0,8	0,1	9,0	14,0	0,0	39	6,3	0,5	8,0	2,3	0,5	1,3	13,9	4,0	5	
			AC	22-60	10	62	28	FL	0,7	0,4	0,1	8,0	15,0	0,0	66	7,2	0,2	9,5	2,2	0,7	1,1	14,0	5,0	4	
			C1	60-87	14	58	28	FL	0,2	0,1	0,0	4,0	6,0	2,3	30	7,6	12,9			5,2	1,4		34,0	63	
			C2	87-150	11	60	29	FL	0,3	0,2	0,0	5,0	44,0		32	7,8	0,9	12,6	2,3	2,4	1,2	12,6	19,0	4	
			A1	0-13	14	54	32	FL	1,5	0,9	0,1	7,0	97,0	3,0	43	8,0	20,1			2,2	3,1	24,2	9,1	101	
AC 49	Manogasta	Natrargid ustolico	Bt1	13-28	28	53	20	FACL	0,6	0,7	0,1	5,0	74,0	3,0	56	8,2	33,5			14,6	3,1	30,9	47,0	120	
			Bt2	28-44	24	59	17	FL	0,7	0,4	0,1	5,0	59,0	3,0	62	8,2	30,6			14,7	3,5	33,5	43,9	117	
			BC	44-65	17	72	11	FL	0,3	0,2	0,1	4,0	72,0	3,0	50	8,4	35,2			14,8	2,2	26,8	55,2	140	
			C	65-110	14	57	29	FL	0,3	0,2	0,1	3,0	47,0		43	8,4	33,5	13,7	3,3	13,1	2,1	24,7	53,0	127	
			Ap	0-13	14	29	58	FAR	1,1						1,1	28	7,9	0,8	11,0	15,0	0,3		12,5	1,0	3
AC 101	Herrera	Torriortente ustico	C1k	13-55	14	26	60	FAR	0,8					2,6	26	7,9	1,4	9,3	13,0	0,4		11,5	1,0	5	
			C2k	55-141	13	30	57	FAR							4,7	23	8,2	1,3	8,0	0,2	0,3		9,3	1,0	8
			C3k	141-150	9	16	75	FAR							1,9	21	7,5	2,1	6,0	0,8	0,3		7,5	4,0	8
			Ap	0-15	21	52	28	FL	1,1						10,9	44	7,6	1,9						3,0	5
			AC	15-43	19	49	33	FL	0,6						9,0	37	7,9	2,0						5,0	6
AC 102	Polo	Torriortente ustico	C1	43-82	18	52	30	FL						10,4	35	7,1	2,0						8,0	7	
			C2k	82-105	4	59	38	FL							11,2	44	7,3	3,4						2,0	6
			C3k	105-150	27	46	28	F							12,1	39	7,6	1,4						2,0	4
			Ap	0-10	16	46	38	F	1,3						35	7,6	2,1	16,0	1,8			18,0	20,0	5	
			AC	10-47	17	45	38	F	0,6						30	7,9	3,0	13,4	0,7					15,2	27,0
AC 105	Rojas	Torriortente ustico	C1	47-100	13	48	40	F							29	7,8	4,2	13,9	1,2				15,5	36,0	12
			C2	100-170	13	48	39	F							31	7,7	4,9							35,0	15
			C3k	170-230	5	31	64	FAR							24	7,3	2,8							12,0	11
			A	0-35	0	3	97	Ar	0,2	0,1	0,0	5,0	7,0	0,0			7,7	0,4	1,4	1,1	0,3	0,2	3,0	10,0	
			AC	35-80	0	3	97	Ar	0,1	0,1	0,0	8,0	8,0	0,0			7,9	0,1	1,8	0,7	0,4	0,2	3,1	13,0	
VG 954	Robles	Torripsamente tipico	IIC	80-100	0	0	100	Ar	0,1	0,1	0,0	5,0	9,0	0,0		7,9	0,2	1,7	0,8	0,4	0,1	1,6	25,0		
			A	0-11	4	44	52	FAR	0,8	0,5	0,1	10,0	27,0	0,0	34	6,0	0,6	3,7	0,8	0,4	0,7	6,8	6,0	61	
			C	11-110	4	43	53	FAR	0,5	0,3	0,0	14,0	10,0	0,0	32	6,9	1,8	4,9	1,0	0,5	0,7	6,2	8,0	11	
AC 218	El Jumial	Torripsamente ustico	A	0-9	8	46	46	F	1,1	0,6	0,1	10,0	23,0	0,0	37	6,2	3,3	3,8	1,3	0,8	1,0	8,5	9,0	15	
			C1k	9-45	8	44	48	FAR	1,1	0,6	0,1	10,0	23,0	0,0	35	6,9	13,5	8,3	1,6	1,4	0,9	7,4	19,0	101	
AC 229	Las Lomitas	Torripsamente ustico	C2k	45-120	4	48	48	FAR	0,3	0,2	0,0	10,0	8,0	2,1	35	7,4	17,3			1,5	1,1	7,0	21,0	122	

Resultados

Tabla 5.11 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Río Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación)

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 290	Campo Alegre	Torripsamente ustico	A1	0-8	1	56	43	FL	4,0	2,3	0,2	11,0	6,0	4,0	50	7,4	2,8			1,0	0,9	17,0	6,0	1
			C1k	8-25	1	52	47	FL	0,9	0,5	0,1	10,0	2,0	2,7	41	7,5	2,5			1,2	0,3	11,8	10,0	0
			C2	25-30	1	43	56	FL	0,6	0,4	0,1	7,0	1,0	2,9	53	7,5	2,8			1,3	0,7	12,1	11,0	4
			C3	30-100	1	39	61	FAR	0,4	0,2	0,0	7,0	3,0	4,1	51	7,5	2,8			1,4	1,0	15,2	9,0	4

Tabla 5.12 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Río Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Cauce Colmatado-4P

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 260	Palo Borracho	Argiustol aridico	A	0-34	25	54	21	FL	2,5	1,4	0,2	8,0	6,0	0,0	49	6,8	1,1	13,8	2,8	1,5	1,5	19,9	8,0	2
			Bt	34-48	31	49	20	FAC	0,9	0,5	0,1	5,0	5,0	1,8	42	7,3	1,4			4,4	1,6	15,8	28,0	4
			BC	48-60	28	49	23	FAC	0,8	0,5	0,1	8,0	18,0	1,4	41	7,4	2,1			5,2	1,5	15,0	35,0	5
			C1K	60-110	21	51	28	FL	0,4	0,2	0,0	7,0	10,0	1,4	33	7,5	2,8			4,5	1,1	13,0	35,0	9
AC 227	El Tronco	Haplustol aridico	A	0-18	14	52	34	FL	2,9	1,7	0,2	11,0	49,0	0,0	43	6,3	6,8	10,5	3,0	0,8	2,2	17,4	5,0	33
			Bw	18-38	16	49	35	F	1,5	0,5	0,1	11,0	20,0	0,0	39	6,8	9,9	9,5	4,0	1,0	1,6	15,8	6,0	71
			BC	38-68	11	45	44	F	0,8	0,5	0,0	11,0	27,0	0,9	35	6,8	15,3			1,5	1,1	11,0	14,0	150
AC 251	Higien Acra	Haplustol aridico	Ck	68-110	8	42	50	F	0,1	0,1	0,0	8,0	13,0	1,3	34	6,8	14,2			0,4	1,2	9,1	15,0	136
			A	0-26	38	50	12	FACl	3,1	1,8	0,2	10,0	24,0	0,0	60	7,2	34,0	6,3	3,9	5,1	1,5	18,7	27,0	295
			Bw	26-57	35	49	16	FACl	1,6	0,9	0,1	9,0	12,0	0,0	58	7,1	39,5	6,3	2,8	5,1	1,6	17,4	29,0	213
			BC	57-75	30	44	26	FACl	1,1	0,6	0,1	11,0	7,0	0,0	54	7,3	35,0	6,6	2,9	4,6	1,8	14,2	32,0	180
			C1	75-110	36	44	20	FACl	0,7	0,4	0,1	8,0	6,0	1,4	55	7,5	37,5			4,7	2,0	14,0	34,0	180
AC 103	Las Chacras	Haplustol torriortentico	Ap	0-16	25	49	26	FAC	1,5					6,8	46	7,7	1,0						1,0	3
			AC	16-47	26	47	27	FAC	1,1					8,2	40	7,6	1,5						5,0	5
			C1k	47-86	28	41	31	FAC						13,9	42	7,3	10,5						30,0	35
			C2k	86-110	21	44	35	F						29,0	40	7,4	5,2						9,0	29
AC 109	3 Marcas	Haplustol torriortentico	C3k	110-150	24	39	38	F						20,3	31	7,5	10,7						30,0	44
			A1	0-13	9	49	41	F	5,9							7,6	15,4						25,0	64
			AC	13-34	21	48	31	F	0,9							7,5	35,1						50,0	186
			C1	34-65	21	48	31	F								7,6	41,8							216
			C2	65-100	18	40	43	F								8,1	48,7							
AC 263	Col Simbolar	Haplustol torriortentico	C3k	100-150	14	41	45	F								7,6	46,2							231
			A	0-19	15	60	25	FL	2,1	1,2	0,1	9,0	30,0	0,7	45	7,2	10,7			1,1	1,5	16,5	7,0	88
			AC	19-44	12	58	30	FL	0,7	0,4	0,1	6,0	13,0	0,0	37	7,2	10,4	5,4	2,4	1,6	1,3	11,0	15,0	91
			Ck	44-110	11	58	31	FL	0,2	0,1	0,0	4,0	16,0	1,8	34	7,3	12,5			1,6	1,0	10,8	15,0	101

CAPÍTULO V

Tabla 5.13 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Cauce Colmatado-4P (Continuación)

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq	
AC 52	La Costa	Haplustol torriortentico	A1	0-17	9	58	33	FL	0,7	0,4	0,1	5,0	66,0	1,0	35	9,0	22,6			11,6	3,3	16,3	71,0	119	
			C1k	17-56	7	64	29	FL	0,6	0,4	0,1	5,0	42,0	1,7	36	9,2	24,0			12,9	2,8	14,9	87,0	120	
			C2k	56-120	9	72	19	FL	0,5	0,3	0,1	4,0	24,0	3,9	37	9,4	27,0			11,5	3,4	14,4	80,0	145	
AC 104	San Miguel	Torriortente ustico	II	120-150	5	58	37	FL	0,2	0,1	0,1	2,0	20,0	1,0	35	9,5	30,0			10,8	2,9	12,0	90,0	90	
			Ap	0-12	15	31	55	FAr	1,8						33	8,6	1,2						2,0	5	
			C1	12-53	11	30	59	FAr	0,6							25	8,6	0,9						1,0	3
			C2	53-100	10	35	55	FAr								24	7,7	0,9						1,0	4
			C3	100-170	8	35	58	FAr								24	7,6	1,2						5,0	4
AC 50	Silipica	Torriortente ustico	A1	0-14	5	46	49	FAr	1,2	0,7	0,1	6,0	58,0	0,0	41	7,5	0,9	7,8	2,4	0,3	1,2	10,2	2,9	4	
			AC	14-47	5	55	40	FL	0,6	0,3	0,1	5,0	50,0	0,0	35	7,1	0,1	6,7	1,4	0,3	0,8	9,8	3,1	4	
			C1	47-83	4	56	40	FL	0,3	0,2	0,1	4,0	30,0	3,0	37	8,5	0,3			1,0	0,5	9,4	10,6	4	
AC 230	Loma	Torripsamente ustico	C2	83-110	4	56	40	FL	0,3	0,2	0,1	2,0	21,0	1,6	38	8,5	0,3			0,9	0,5	8,6	10,5	4	
			A	0-8	3	30	67	ArF	0,8	0,5	0,0	11,0	12,0	0,0	35	6,9	13,5	8,3	1,6	1,4	0,9	7,4	19,0	101	
			C	8-110	1	20	79	ArF	0,3	0,2	0,0	10,0	8,0	2,1	35	7,4	17,3			1,5	1,1	7,0	21,0	122	

Tabla 5.14 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-planicie de explayamiento-5P

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 220	Cancinos	Haplustol torriortentico	A	0-22	10	48	42	F	1,7	1,0	0,1	11,0	23,0	0,0	35	6,2	0,2	4,8	1,1	0,4	0,6	10,8	4,0	24
			AC	22-60	8	46	46	F	1,0	0,6	0,1	12,0	18,0	0,0	37	6,8	2,9	9,2	2,2	0,7	1,4	11,2	6,0	4
			C1k	60-110	9	51	40	FL	0,4	0,2	0,0	11,0	9,0	0,9	32	7,4	1,6			1,7	1,3	11,2	15,0	7
AC 221	Perchil bajo	Argiustol acuico	A	0-21	24	48	28	F	1,6	0,9	0,1	10,0	15,0	0,0	45	6,9	5,8	13,5	3,5	0,7	1,5	21,0	3,0	50
			Bw	21-70	37	43	20	FAC	1,7	1,0	0,1	12,0	15,0	0,0	54	6,4	17,0	12,9	4,3	0,6	1,4	20,1	3,0	194
			BC	70-110	26	43	31	F	1,0	0,6	0,1	10,0	14,0	1,7	52	6,6	37,5			3,5	1,6	15,8	22,0	263

Resultados

Tabla 5.15 Perfiles unidad Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-Dique Aluvial-6P

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq	
VG 936	Garza	Torripsamente tipico	A	0-30	0	31	68	FAr	1,5	0,9	0,1	9,7	35,0	0,0	6,9	0,5	8,7	2,4	0,5	1,6	12,2	4,0			
			AC	30-70	0	27	73	FAr	0,9	0,5	0,1	8,2	31,0	0,7	7,8	0,8				0,8	1,6	11,9	7,0		
			C	70-100	0	36	64	FAr	0,4	0,2	0,0	7,0	13,0	1,3	7,8	1,5				1,0	1,2	9,5	11,0		
VG 937	Yalan	Torripsamente tipico	A	0-35	3	31	66	FAr	0,9	0,5	0,1	7,7	31,0	0,0	7,3	1,3	8,0	1,9	0,7	1,6	9,9	7,0			
			AC	35-80	1	27	72	ArF	0,5	0,3	0,0	7,5	32,0	0,0	7,6	0,5	6,5	2,3	0,7	0,8	8,7	8,0			
			C	80-110	2	31	67	ArF	0,3	0,2	0,0	6,0	11,0	1,4	7,6	0,9				1,1	0,8	5,4	20,0		

Tabla 5.16 Perfiles unidad Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (mt)-7D

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 237	San Andrés	Haplustol aridico	A	0-23	19	63	18	FL	4,3	2,5	0,2	12,0	25,0	0,0	56	6,1	42,5	9,4	1,3	2,4	1,2	15,4	16,0	337
			Bw	23-50	16	68	16	FL	1,2	0,7	0,1	8,0	9,0	0,0	55	6,4	19,2	10,0	1,9	2,5	1,1	13,8	18,0	236
			Ck	50-110	19	61	20	FL	1,4	0,8	0,1	10,0	9,0	1,9	62	6,7	37,0			2,5	1,1	11,0	23,0	268
			C	12-110	1	5	94	Ar	0,6	0,4	0,1	7,0	36,0	0,0	30	6,3	0,2	1,5	0,4	0,2	0,3	2,9	6,9	16

Tabla 5.17 Perfiles unidad Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (lt)-8D

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 233	Lagunillas	Haplustol aridico	A	0-20	14	54	32	FL	2,6	1,5	0,2	10,0	14,0	1,2	42	7,8	1,1			0,9	1,0	16,8	5,0	2
			Bw	20-50	13	52	35	FL	0,8	0,5	0,1	9,0	9,0	1,8	31	8,0	0,7			1,2	1,1	14,0	9,0	7
			C	50-110	16	49	35	F	0,2	0,1	0,0	5,0	9,0	2,0	34	7,8	0,7			1,4	1,0	14,2	10,0	7
AC 240	Talan	Haplustol tipico	A	0-23	6	44	50	FAr	3,5	2,0	0,2	10,0	21,0	1,1	44	6,8	6,1			0,8	0,9	13,1	6,0	36
			II	23-110	3	36	61	FAr	0,1	0,1	0,0	2,0	6,0	3,0	36	8,2	1,3			2,1	0,4	7,8	27,0	4

Tabla 5.18 Perfiles unidad Valle (Rio Dulce)-Planicie de Inundación Activa-Rio-9D

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 239	Sumamao	Natrargid ustolico	A	0-18	19	59	22	FL	1,2	0,7	0,1	10,0	24,0	0,0	46	6,9	0,6	5,5	2,2	0,7	1,6	12,0	6,0	6
			E	18-40	8	60	32	FL	0,6	0,3	0,0	9,0	14,0	0,7	42	7,1	11,2			1,9	1,0	11,8	16,0	57
			Bt	40-56	24	56	20	FL	1,2	0,7	0,1	13,0	19,0	3,1	52	7,5	46,5			13,0	1,4	15,4	28,0	150
AC 55	Upianita	Torripsamente tipico	A	0-12	1	3	96	Ar	0,2	0,1	0,0	3,0	22,0	0,0	27	7,3	0,1	1,6	0,8	0,2	0,3	3,2	0,2	14
			C	12-110	1	5	94	Ar	0,6	0,4	0,1	7,0	36,0	0,0	30	6,3	0,2	1,5	0,4	0,2	0,3	2,9	6,9	16

CAPÍTULO V

Tabla 5.19 Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Planicie de Desbordamiento-10S

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 201	Mayu Puntan	Natracualf típico	A	0-12	18	40	42	F	3,1	1,8	0,2	11,0	19,0	0,0	42	6,3	0,9	7,1	1,6	0,8	0,7	15,8	5,0	4
			Bw	12-44	35	43	22	F	0,6	0,4	0,1	7,0	23,0	0,0	49	6,1	10,6	7,4	1,9	2,1	0,6	13,8	15,0	64
			BC	44-90	26	48	26	F	0,3	0,2	0,0	9,0	29,0	0,0	42	6,3	36,0	4,4	3,2	2,5	0,7	12,6	20,0	120
			C1	90-110	22	46	32	F	0,1	0,0	0,0		16,0	3,0	44	7,4	16,3			1,8	1,1	11,6	16,0	102
			I	0-13	60	30	10	Ac	2,5	1,5	0,1	11,0	18,0	2,6	60	7,6	4,4			2,7	1,3	24,6	11,0	31
AC 200	San Antonio	Torrifluente típico	A	13-24	10	54	36	FL	0,5	0,3	0,0	13,0	12,0	2,2	37	7,5	16,5			2,9	0,9	12,8	23,0	118
			Bw	24-42	13	51	36	FL	0,3	0,2	0,0	9,0	12,0	1,8	39	7,4	19,1			3,0	1,0	13,1	23,0	154
			BC	42-60	13	49	38	F	0,1	0,1	0,0	2,0	9,0	2,5	40	7,5	16,2			2,8	1,1	11,8	24,0	133
			C1	60-110	15	47	38	F	0,1	0,1	0,0	3,0	7,0	2,3	39	7,7	46,0			3,5	1,0	11,6	30,0	310

Tabla 5.20 Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Albardon-11S

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 203	San Agustin	Natrustalf aridico	A	0-24	16	58	26	FL	2,4	1,4	0,1	10,0	16,0	1,1	41	8,2	2,1			2,9	1,4	17,4	17,0	7
			Bw	24-42	20	56	24	FL	0,3	0,2	0,0	7,0	37,0	1,2	52	8,0	19,9			4,0	1,9	12,0	33,0	143
			BC	42-70	22	50	28	F	0,2	0,1	0,0	7,0	37,0	1,2		7,7	15,7			3,0	1,6	10,8	28,0	77
			C1	70-110	15	39	46	F	0,1	0,1	0,0		15,0	1,9	37	7,7	80,5			4,9	0,9	8,8	56,0	385
AC 202	La Ramada	Torripsamente ustico	A	0-27	14	52	34	FL	1,4	0,8	0,1	8,0	12,0	1,0	38	7,7	1,8			1,6	1,1	12,4	13,0	8
			AC	27-50	10	50	40	F	0,4	0,3	0,1	5,0	11,0	2,2	41	7,4	49,0			3,8	0,6	10,6	36,0	271
			Csa	50-110	14	44	42	F	0,1	0,0	0,0		11,0	2,7	40	7,5	65,0			4,0	0,9	11,0	36,0	394

Tabla 5.21 Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie de Inundación Activa-Terraza Baja y Bañado -12S

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
VG 450	Villa	Torrifluente típico	I	0-23	11	63	26	FL	3,5	2,1	0,2	12,1	2,3	3,0		7,9	1,9			2,5	2,3	21,2	11,7	
			II	23-53	9	65	26	FL	0,6	0,4	0,0	9,0	2,2	2,5			8,2	4,3			5,2	1,9	12,2	42,0
			III	53-100	9	35	56	FAr	0,4	0,2	0,0	10,0	2,2	0,9			7,9	12,0			2,5	0,9	9,1	28,0

Resultados

Tabla 5.22 Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Plano Aluvial -13S

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 247	Maria Rosa	Haplustol aridico	A	0-20	16	48	36	F	2,2	1,3	0,1	10,0	18,0	0,0	41	7,2	4,0	7,7	3,1	0,8	0,8	14,8	5,0	38
			Bw	20-43	15	47	38	F	1,2	0,7	0,1	8,0	5,0	0,0	39	7,2	10,8	5,9	3,9	2,0	0,6	12,7	16,0	118
			BC	43-74	16	48	36	F	0,6	0,4	0,1	8,0	13,0	0,0	41	7,4	18,5	4,5	2,9	2,8	0,9	12,6	22,0	164
			C1k	74-110	14	50	36	F	0,4	0,2	0,1	4,0	17,0	2,0	38	7,7	19,4			3,0	0,8	12,5	24,0	145
AC 204	San Isidro	Haplustol torriortentico	A	0-25	14	48	38	F	2,1	1,2	0,1	12,0	36,0	0,0	35	7,1	0,5	10,9	2,4	0,9	1,3	16,8	5,0	4
			AC	25-59	16	44	40	F	0,7	0,4	0,0	10,0	16,0	3,0	39	7,4	7,5			1,9	0,8	12,6	15,0	35
			Ck	59-110	10	45	45	F	0,2	0,1	0,0	7,0	32,0	1,1	35	7,6	37,0			2,7	1,1	9,0	30,0	155
AC 206	El Carmen	Torriortente ustico	A	0-13	16	58	26	FL	1,4	0,8	0,1	13,0	17,0	0,0	33	6,7	15,4	4,2	2,5	1,2	1,3	8,6	14,0	110
			AC	13-56	7	41	52	FAr	0,6	0,3	0,0	8,0	4,0	0,0	31	7,2	20,0	4,3	2,1	1,3	1,0	7,4	18,0	150
			C1	56-110	5	46	49	FAr	0,3	0,2	0,0		19,0	3,0	31	7,8	33,5			2,0	0,9	7,0	29,0	116
AC 211	Yacu Hurmana	Haplustol aridico	A	0-24	11	55	34	FL	2,1	1,2	0,1	13,0	13,0	0,0	39	6,9	3,1	4,9	3,1	2,8	0,8	14,8	17,0	21
			Bw	24-52	8	52	40	F	0,9	0,5	0,1	10,0	34,0	0,0	41	7,4	17,8	7,7	3,8	1,7	1,1	11,6	23,0	118
			BC	52-68	7	49	44	FAr	0,5	0,3	0,0	10,0		0,9	40	7,5	47,0			2,9	1,1	9,8	30,0	231
			Ck	68-110	6	53	41	F	0,4	0,2	0,0		8,0	3,6	36	7,7	55,0			3,1	1,1	10,8	29,0	268

Tabla 5.23 Perfiles unidad Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Canal Aluvial -14S

Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 208	Rumioj	Haplustol torriortentico	A	0-23	6	34	60	FAr	2,4	1,4	0,1	14,0	30,0	0,0	37	7,0	0,6	6,3	1,6	0,5	1,1	10,8	5,0	4
			AC	23-62	6	48	46	FAr	1,2	0,7	0,1	10,0	16,0	0,0	35	7,3	0,3	4,9	1,5	0,4	1,0	8,8	5,0	4
			C1	62-90	5	45	50	FAr	0,8	0,4	0,0	11,0	21,0	1,3	29	7,8	0,2			0,5	0,9	8,0	6,0	4
			C2	90-110	5	45	50	FAr	0,9	0,5	0,1		21,0		30	7,1	0,3	5,5	2,0	0,5	1,0	8,6	6,0	4
AC 246	Tacoyuranoj	Torripsamente ustico	A	0-24	9	34	57	FAr	2,4	1,4	0,1	10,0	81,0	0,0	33	6,4	0,7	4,7	1,8	0,5	1,2	9,0	6,0	4
			AC	24-46	7	34	59	FAr	0,8	0,5	0,1	8,0	21,0	0,0		6,8	12,9	5,7	2,5	2,0	0,8	9,0	22,0	134
			C	46-110	4	32	64	FAr	0,5	0,3	0,0	7,0	32,0	0,0		7,6	17,7	2,9	1,9	2,8	1,4	7,8	36,0	

5.2.2.3 Datos analíticos medios de los subgrupos de suelos en unidad cartográfica paisaje-modelado-geoforma

A partir de los datos analíticos de todos los perfiles, agrupados por la misma unidad taxonómica de subgrupo de suelos, se obtuvieron la media aritmética de cada una de las propiedades físico-químicas medidas en laboratorio. En las Tablas 5.24-5.38 se muestran los valores medios de los parámetros principales de los subgrupos de suelos que componen cada unidad de paisaje-modelado-geoforma.

Tabla 5.24 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cobertura de Loess-1P

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO ₃	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	CI
Haplustol Torriortentico (8)	A	11	60	29	FL	2,1	1,2	0,12	9,7	51,5	0,0	21	0,0	0,3	9,4	6,6	0,4	1,3	15,7	0,0	0
	AC	8	60	32	FL	0,9	0,5	0,05	9,0	22,8	0,0	30	7,2	0,2	9,3	6,9	0,6	1,3	13,1	4,2	4
	C1	6	58	36	FL	0,4	0,3	0,06	5,7	12,7	1,3	31	7,7	1,0	15,6	9,5	1,1	1,3	11,6	18,7	20
	C2	6	56	38	FL	0,3	0,2	0,05	4,7	7,1	1,8	32	7,9	0,8	16,0	10,8	1,9	1,4	12,5	27,8	4
Haplustol aridico (1)	A	9	62	29	FL	1,3	0,8	0,11	7,8	27,0	0,0	65	7,1	0,3	10,0	1,7	0,3	2,0	15,8	2,0	
	AC	7	65	28	FL	1,0	0,6	0,08	8,7	15,9	0,2	70	7,7	0,4	12,1	1,9	0,3	1,8	13,8	2,3	
	C	8	65	27	FL	0,6	0,4	0,07	6,7	14,7	0,6		7,9	1,3	0,0	0,0	0,6	1,7	13,0	5,2	

Tabla 5.25 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Proximal-Cubeta de Deflación-2P

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO ₃	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	CI
Argiustol aridico (1)	A	13	49	38	F	1,2	0,7	0,07	9,7	4,0	1,1		8,0	3,1			2,9	2,0	13,7	21,0	
	Bw	19	40	41	F	0,7	0,4	0,04	9,5	2,0	0,0		7,7	1,3			1,7	1,3	12,4	14,0	
	C	7	47	46	F	0,2	0,1	0,03	3,3	6,0	0,0		7,7	1,0			1,6	1,3	13,4	12,0	
Haplustol acuico (1)	A1	10	60	29	F	1,6	0,9	0,09	10,7	34,0	0,0		5,7	0,2	9,4	1,1	0,3	1,4	2,0	2,3	
	AC	8	64	28	F	1,0	0,6	0,08	8,0	5,4	0,0		7,2	0,3	11,6	1,7	0,4	1,6	15,3	2,8	
Haplustol torriortentico (1)	IIC	8	65	27	F	0,7	0,4	0,06	7,2	6,8	0,0		7,7	0,3	11,5	1,6	0,5	1,9	14,9	3,2	
	A	7	55	39	FL	1,5	0,9	0,07	8,0	45,9	0,0		0,0	0,1	8,2	10,9	0,0	1,1	13,4	0,0	
	AC	4	51	45	FL	0,7	0,4	0,04	7,8	24,1	0,3		0,0	0,2	9,3	10,7	0,6	1,0	12,4	0,0	
	C1	3	51	46	FL	0,5	0,3	0,00	0,0	17,7	1,0		0,0	2,9	24,5	11,8	1,7	1,3	11,1	0,0	
C2	3	51	46	FL	0,3	0,2	0,00	0,0	17,2	1,1		0,0	2,2	17,3	14,5	5,0	1,4	11,3	0,0		

Tabla 5.26 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO ₃	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	CI
Argiustol aridicos (8) (4)	A	21	51	28	FL	2,8	1,9	0,18	10,5	63,5	1,5	46	7,2	1,0	13,9	2,0	0,5	2,6	19,7	4,0	5
	Bt	28	45	27	FAC	1,3	1,1	0,10	8,0	22,0	0,0	25	7,6	0,6	12,8	2,9	0,8	2,0	17,7	8,0	16
	BC	20	51	22	FL	0,7	0,4	0,10	3,5	15,0	1,4	38	7,5	0,9	13,5	0,7	2,2	1,8	17,2	25,0	4
	C	23	44	33	F	0,2	0,1	0,07	2,0	15,0	1,5	32	7,6	1,0	15,7	1,3	1,9	1,1	16,1	22,5	5
Haplustol acuico (9) (7)	A	14	54	32	FL	2,3	1,3	0,14	10,0	28,0	0,0	45	6,7	1,5	11,2	2,5	1,0	1,7	15,4	7,0	4
	Bw	17	56	27	FL	0,7	0,4	0,04	10,0	4,0	1,1	42	7,1	2,3			1,8	1,5	14,7	12,0	10
	C1	23	52	25	FL	0,5	0,3	0,04	7,0	5,0	0,9	47	7,3	1,6			1,7	1,3	15,7	11,0	6
C2	13	49	38	F	0,3	0,2	0,03	6,0	11,0	4,8	34	7,3	1,4				1,2	0,9	11,4	11,0	7
Haplustol	A	20	55	25	FL	2,2	1,2	0,14	9,3	21,0	0,9	45	7,5	2,2	16,2	1,9	1,2	1,7	18,0	10,7	7
	AC-Bw	19	54	28	FL	0,8	0,4	0,06	7,8	18,2	1,4	37	7,8	3,1	12,1	1,9	1,9	1,5	16,1	19,1	11
	C1-Ck	20	53	28	FL	0,6	0,3	0,05	6,8	7,6	2,2	38	7,8	3,8	13,5	1,3	2,0	1,5	16,2	19,9	13
C2	22	43	34	F	0,3	0,2	0,03	6,0	6,0	6,4	37	7,8	6,7	14,0	1,4	2,7	1,7	14,0	35,0	22	

Tabla 5.27 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Planicie Interfluvial-3P (Continuación)

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Haplustol torriortentico (3)(8)	A	14	53	34	FL	2,0	1,2	0,13	10,0	21,4	0,3	40	6,8	3,5	8,1	2,2	1,2	1,4	14,4	6,3	20
	AC	13	54	33	FL	0,8	0,5	0,06	8,0	9,3	0,7	38	7,3	2,7	8,1	2,0	1,2	1,3	12,6	6,7	16
	C1	12	52	36	FL	0,4	0,2	0,03	8,0	5,4	2,6	33	7,6	4,1	7,1	2,9	2,3	1,1	10,7	17,3	19
	C2	13	49	38	F	0,4	0,2	0,03	7,3	16,0	1,7	32	7,7	3,0	12,7	2,7	1,9	1,2	10,2	21,8	7
Torriortente ustico (1)(3)	A	17	42	41	F	1,2				10,0	6,0	36	7,7	1,6	13,5	8,4	0,3	0,0	15,3	8,0	5
	AC	17	40	44	F	0,7					5,8	31	7,9	2,1	11,4	6,8	0,4	0,0	13,4	11,0	6
	C1	15	43	42	F	0,0					7,5	29	7,7	2,5	11,0	0,7	0,3	0,0	12,4	15,0	9
Torripsamete ustico (3)	C2	8	41	51	F	0,0					6,5	32	7,5	3,5	6,0	0,8	0,3	0,0	7,5	13,7	10
	A	3	37	60	ArF	1,5	0,9	0,09	9,0	15,8	1,0	40	6,8	1,8	3,0	1,1	0,6	0,7	8,8	7,8	26
	C1	3	36	61	ArF	0,6	0,4	0,04	10,5	10,8	0,9	52	7,3	4,5	5,0	1,1	0,9	0,5	7,1	12,5	37
Natargid ustolico (1)	C2	2	30	68	ArF	0,3	0,2	0,03	7,3	6,0	1,7	44	7,6	6,8			1,1	0,6	6,9	19,0	63
	A1	14	54	32	FL	1,5	0,9	0,13	7,0	97,0	3,0	43	8,0	20,1			2,2	3,1	24,2	9,1	101
	Bt1	28	53	20	FACl	0,6	0,7	0,07	5,0	74,0	3,0	56	8,2	33,5			14,6	3,1	30,9	47,0	120
	Bt2	24	59	17	FL	0,7	0,4	0,08	5,0	59,0	3,0	62	8,2	30,6			14,7	3,5	33,5	43,9	117
	BC	17	72	11	FL	0,3	0,2	0,05	4,0	72,0	3,0	50	8,4	35,2			14,8	2,2	26,8	55,2	140

Tabla 5.28 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Mega Abanico Distal-Cauce Colmatado-4P

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Haplustol torriortentico (4)	A	15	54	31	FL	2,5	0,8	0,10	7,0	48,0	2,8	42	7,9	12,4	0,0	0,0	6,4	2,4	16,4	26,0	69
	AC	17	54	29	FL	0,8	0,4	0,08	5,5	27,5	3,3	31	7,9	17,8	5,4	2,4	7,3	2,1	13,0	39,3	100
	C1	17	55	28	FL	0,3	0,2	0,05	4,0	20,0	6,5	38	7,9	23,0	0,0	0,0	6,6	2,2	12,6	41,7	124
	C2	15	47	38	FL	0,2	0,1	0,06	2,0	20,0	15,0	28	8,3	28,0	0,0	0,0	10,8	2,9	12,0	49,5	116
Haplustol aridico (3)	A	26	51	23	F	3,0	1,8	0,17	10,5	36,5	0,0	52	6,8	20,4	8,4	3,5	3,0	1,9	18,1	16,0	164
	Bw	26	49	26	F	1,5	0,7	0,10	10,0	16,0	0,0	49	7,0	24,7	7,9	3,4	3,1	1,6	16,6	17,5	142
	BC	21	45	35	F	0,9	0,5	0,05	11,0	17,0	0,9	45	7,1	25,2	6,6	2,9	3,1	1,4	12,6	23,0	165
Torriortente ustico (2)	C	22	43	35	F	0,4	0,2	0,03	8,0	9,5	1,4	45	7,2	25,9	0,0	0,0	2,6	1,6	11,6	24,5	158
	A	10	38	52	FL	1,5	0,7	0,11	6,0	58,0	0,0	37	8,1	1,0	7,8	2,4	0,3	1,2	10,2	2,5	5
	AC	8	43	49	FL	0,6	0,3	0,07	5,0	50,0	0,0	30	7,9	0,5	6,7	1,4	0,3	0,8	9,8	2,1	4
Torripsamete ustico (1)	C1	7	45	48	FL	0,3	0,2	0,05	4,0	30,0	3,0	31	8,1	0,6	0,0	0,0	1,0	0,5	9,4	5,8	4
	C2	6	45	49	FL	0,3	0,2	0,11	2,0	21,0	1,6	31	8,1	0,8	0,0	0,0	0,9	0,5	8,6	7,8	4
	A	3	30	67	ArF	0,8	0,5	0,04	11,0	12,0	0,0	35	6,9	13,5	8,3	1,6	1,4	0,9	7,4	19,0	101
Argiustol aridico (1)	C	1	20	79	ArF	0,3	0,2	0,02	10,0	8,0	2,1	35	7,4	17,3	0,0	0,0	1,5	1,1	7,0	21,0	122
	A	25	54	21	FL	2,5	1,4	0,17	8,0	6,0	0,0	49	6,8	1,1	13,8	2,8	1,5	1,5	19,9	8,0	2
	Bt	31	49	20	FL	0,9	0,5	0,10	5,0	5,0	1,8	42	7,3	1,4	0,0	0,0	4,4	1,6	15,8	28,0	4
	BC	28	49	23	FL	0,8	0,5	0,06	8,0	18,0	1,4	41	7,4	2,1	0,0	0,0	5,2	1,5	15,0	35,0	5
	C1	21	51	28	FL	0,4	0,2	0,03	7,0	10,0	1,4	33	7,5	2,8	0,0	0,0	4,5	1,1	13,0	35,0	9

Tabla 5.29 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-planicie de explayamiento-5P

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Haplustol torriortentico (1)	A	10	48	42	F	1,7	1,0	0,09	11,0	23,0	0,0	35	6,2	0,2	4,8	1,1	0,4	0,6	10,8	4,0	24
	AC	8	46	46	F	1,0	0,6	0,05	12,0	18,0	0,0	37	6,8	2,9	9,2	2,2	0,7	1,4	11,2	6,0	4
	C1K	9	51	40	FL	0,4	0,2	0,02	11,0	9,0	0,9	32	7,4	1,6	0,0	0,0	1,7	1,3	11,2	15,0	7
Haplustal aridico (1)	A	24	48	28	F	1,6	0,9	0,09	10,0	15,0	0,0	45	6,9	5,8	13,5	3,5	0,7	1,5	21,0	3,0	50
	Bw	37	43	20	FAC	1,7	1,0	0,08	12,0	15,0	0,0	54	6,4	17,0	12,9	4,3	0,6	1,4	20,1	3,0	194
	BC	26	43	31	F	1,0	0,6	0,06	10,0	14,0	1,7	52	6,6	37,5	0,0	0,0	3,5	1,6	15,8	22,0	263

Tabla 5.30 Valores medios Planicie Fluvio-Eolica Chaqueña (Rio Sali-Dulce)-Antigua Planicie Aluvial-Dique Aluvial-6P

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Torripsament e típico (2)	A	2	31	67	ArF	1,2	0,7	0,08	8,7	33,0	0,0		7,1	0,9	8,4	2,2	0,6	1,6	11,1	5,5	
	AC	1	26	73	ArF	0,7	0,4	0,05	7,9	31,5	0,4	0	7,7	0,6	6,5	2,3	0,8	1,2	10,3	7,5	
	C	1	33	66	ArF	0,3	0,2	0,03	6,5	12,0	1,4		7,7	1,2	0,0	0,0	1,1	1,0	7,5	15,5	
Torriortente ustico (1)	A	13	43	44	F	2,0	1,2	0,10	12,0	55,0	0,9	35	7,3	18,7			3,0	1,9	14,7	21,0	157
	AC	15	48	37	F	0,7	0,4	0,04	10,0	30,0	1,4	41	7,6	53,0			4,2	1,9	13,6	31,0	317
	C	13	47	40	F	0,4	0,2	0,04	6,0	0,0	6,1	39	7,6	66,5			4,2	1,8	12,8	33,0	405
Torrifluvente ustico (1)	A	8	70	22	SiL	2,0	1,2	0,11	11,0	28,0	1,3	47	6,8	2,5			0,8	1,4	13,6	6,0	19
	AC	6	70	24	SiL	0,4	0,2	0,08	3,0	6,0	1,2	43	7,0	12,4			1,5	0,7	10,0	15,0	114
	II	40	44	16	SiC	1,0	0,6	0,08	7,0	16,0	0,0	63	6,8	17,5	14,5	3,8	2,8	0,8	18,8	15,0	187
Haplustol acuico (1)	A	30	44	26	FAc	2,5	1,6	0,14	11,0	20,0	0,0	42	7,2	0,6	11,1	3,8	0,9	2,1	18,8	5,0	4
	Bt	25	41	34	F	0,9	0,5	0,06	9,0	4,0	0,0	32	7,3	0,6	9,9	2,9	1,0	1,5	14,2	7,0	4
	BC	14	48	38	F	0,5	0,3	0,05	6,0	6,0	0,0	29	7,6	0,7	6,5	2,3	1,0	1,1	11,8	9,0	4
	C1	16	40	44	F	0,3	0,2	0,03	6,0	24,0	0,0	27	7,6	1,0	8,9	3,3	1,2	1,4	11,6	10,0	4

Tabla 5.31 Valores medios Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (mt)-7D

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Haplustol aridico (1)	A	19	63	18	FL	4,3	2,5	0,21	12,0	25,0	0,0	56	6,1	0,0	9,4	1,3	2,4	1,2	15,4	16,0	337
	Bw	16	68	16	FL	1,2	0,7	0,09	8,0	9,0	0,0	55	6,4	0,0	10,0	1,9	2,5	1,1	13,8	18,0	236
	Ck	19	61	20	FL	1,4	0,8	0,08	10,0	9,0	1,9	62	6,7	0,0	0,0	0,0	2,5	1,1	11,0	23,0	268

Tabla 5.32 Valores medios Valle (Rio Dulce)-Terraza Media-Albardon y Desbordes (lt)-8D

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Haplustol aridico (1)	A	14	54	32	FL	2,6	1,5	0,15	10,0	14,0	1,2	42	7,8	1,1			0,9	1,0	16,8	5,0	2
	Bw	13	52	35	FL	0,8	0,5	0,05	9,0	9,0	1,8	31	8,0	0,7			1,2	1,1	14,0	9,0	7
	C	16	49	35	FL	0,2	0,1	0,02	5,0	9,0	2,0	34	7,8	0,7			1,4	1,0	14,2	10,0	7
Haplustol típico (1)	A	6	44	50	FAr	3,5	2,0	0,20	10,0	21,0	1,1	44	6,8	6,1			0,8	0,9	13,1	6,0	36
	C	3	36	61	FAr	0,1	0,1	0,04	2,0	6,0	3,0	36	8,2	1,3			2,1	0,4	7,8	27,0	4

Tabla 5.33 Valores medios Valle (Rio Dulce)-Planicie de Inundación Activa-Rio-9D

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Torripsament e ustico(1)	A	1	3	96	Sa	0,2	0,1	0,03	3,0	22,0	0,0	27	7,3	0,1	1,6	0,8	0,2	0,3	3,2	0,2	14
	C	1	5	94	Sa	0,6	0,4	0,05	7,0	36,0	0,0	30	6,3	0,2	1,5	0,4	0,2	0,3	2,9	6,9	16
Natrargid ustolico (1)	A	19	59	22	FL	1,2	0,7	0,07	10,0	24,0	0,0	46	6,9	0,6	5,5	2,2	0,7	1,6	12,0	6,0	6
	E	8	60	32	FL	0,6	0,3	0,04	9,0	14,0	0,7	42	7,1	11,2	0,0	0,0	1,9	1,0	11,8	16,0	57
	Bt	24	56	20	FL	1,2	0,7	0,05	13,0	19,0	3,1	52	7,5	46,5	0,0	0,0	13,0	1,4	15,4	28,0	150

Tabla 5.34 Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Planicie de Desbordamiento-10S

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Natracualf típico (1)	A	18	40	42	F	3,1	1,8	0,16	11,0	19,0	0,0	42	6,3	0,9	7,1	1,6	0,8	0,7	15,8	5,0	4
	Bw	35	43	22	F	0,6	0,4	0,05	7,0	23,0	0,0	49	6,1	10,6	7,4	1,9	2,1	0,6	13,8	15,0	64
	BC	26	48	26	F	0,3	0,2	0,02	9,0	29,0	0,0	42	6,3	36,0	4,4	3,2	2,5	0,7	12,6	20,0	120
	C1	22	46	32	F	0,1	0,0	0,02	0,0	16,0	3,0	44	7,4	16,3	0,0	0,0	1,8	1,1	11,6	16,0	102
Torrifluvente ustico (1)	I	60	30	10	Ac	2,5	1,5	0,14	11,0	18,0	2,6	60	7,6	4,4			2,7	1,3	24,6	11,0	31
	A	10	54	36	FL	0,5	0,3	0,02	13,0	12,0	2,2	37	7,5	16,5			2,9	0,9	12,8	23,0	118
	Bw	13	51	36	FL	0,3	0,2	0,02	9,0	12,0	1,8	39	7,4	19,1			3,0	1,0	13,1	23,0	154
BC	13	49	38	F	0,1	0,1	0,03	2,0	9,0	2,5	40	7,5	16,2			2,8	1,1	11,8	24,0	133	

Tabla 5.35 Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Valle Fluvial Activo-Albardon-11S

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Torriortente ustico (1)	A	14	52	34	FL	1,4	0,8	0,10	8,0	12,0	1,0	38	7,7	1,8			1,6	1,1	12,4	13,0	8
	AC	10	50	40	F	0,4	0,3	0,05	5,0	11,0	2,2	41	7,4	49,0			3,8	0,6	10,6	36,0	271
	Csa	14	44	42	F	0,1	0,0	0,04	0,0	11,0	2,7	40	7,5	65,0			4,0	0,9	11,0	36,0	394
Natrustalf aridico (1)	A	16	58	26	FL	2,4	1,4	0,14	10,0	16,0	1,1	41	8,2	2,1			2,9	1,4	17,4	17,0	7
	Bw	20	56	24	FL	0,3	0,2	0,03	7,0	37,0	1,2	52	8,0	19,9			4,0	1,9	12,0	33,0	143
	BC	22	50	28	F	0,2	0,1	0,02	7,0	37,0	1,2		7,7	15,7			3,0	1,6	10,8	28,0	77
	C1	15	39	46	F	0,1	0,1	0,01	0,0	15,0	1,9	37	7,7	80,5			4,9	0,9	8,8	56,0	385

Tabla 5.36 Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie de Inundación Activa-Terraza Baja y Bañado -12S

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Torrifluvente ustico (1)	I	11	63	26	FL	3,5	2,1	0,17	12,1	2,3	3,0		7,9	1,9			2,5	2,3	21,2	11,7	
	II	9	65	26	FL	0,6	0,4	0,04	9,0	2,2	2,5		8,2	4,3			5,2	1,9	12,2	42,0	
	III	9	35	56	FL	0,4	0,2	0,02	10,0	2,2	0,9		7,9	12,0			2,5	0,9	9,1	28,0	

Tabla 5.37 Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Plano Aluvial -13S

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Haplustol aridico (1)	A	16	48	36	F	2,2	1,3	0,13	10,0	18,0	0,0	41	7,2	4,0	7,7	3,1	0,8	0,8	14,8	5,0	38
	Bw	15	47	38	F	1,2	0,7	0,08	8,0	5,0	0,0	39	7,2	10,8	5,9	3,9	2,0	0,6	12,7	16,0	118
	BC	16	48	36	F	0,6	0,4	0,05	8,0	13,0	0,0	41	7,4	18,5	4,5	2,9	2,8	0,9	12,6	22,0	164
	C1K	14	50	36	F	0,4	0,2	0,05	4,0	17,0	2,0	38	7,7	19,4	0,0	0,0	3,0	0,8	12,5	24,0	145
Haplustol torriortentico (1)	A	14	48	38	F	2,1	1,2	0,10	12,0	36,0	0,0	35	7,1	0,5	10,9	2,4	0,9	1,3	16,8	5,0	4
	AC	16	44	40	F	0,7	0,4	0,04	10,0	16,0	3,0	39	7,4	7,5	0,0	0,0	1,9	0,8	12,6	15,0	35
	CK	10	45	45	F	0,2	0,1	0,02	7,0	32,0	1,1	35	7,6	37,0	0,0	0,0	2,7	1,1	9,0	30,0	155
Torriortente ustico (1)	A	16	58	26	FL	1,4	0,8	0,06	13,0	17,0	0,0	33	6,7	15,4	4,2	2,5	1,2	1,3	8,6	14,0	110
	AC	7	41	52	FL	0,6	0,3	0,04	8,0	4,0	0,0	31	7,2	20,0	4,3	2,1	1,3	1,0	7,4	18,0	150
	C1	5	46	49	FL	0,3	0,2	0,01	0,0	19,0	3,0	31	7,8	33,5	0,0	0,0	2,0	0,9	7,0	29,0	116

Tabla 5.38 Valores medios Planicie Aluvial Migratoria (Rio Salado)-Planicie Fluvio-Eolica Remanente-Canal Aluvial -14S

Taxon	Hor	Arc	Lim	Are	Text	MO	C	N	CN	P	CO3	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Cl
Haplustol torriortentico (1)	A	6	34	60	FAr	2,4	1,4	0,10	14,0	30,0	0,0	37	7,0	0,6	6,3	1,6	0,5	1,1	10,8	5,0	4
	AC	6	48	46	FAr	1,2	0,7	0,07	10,0	16,0	0,0	35	7,3	0,3	4,9	1,5	0,4	1,0	8,8	5,0	4
	C1	5	45	50	FAr	0,8	0,4	0,04	11,0	21,0	1,3	29	7,8	0,2	0,0	0,0	0,5	0,9	8,0	6,0	4
	C2	5	45	50	FAr	0,9	0,5	0,05	0,0	21,0	0,0	30	7,1	0,3	5,5	2,0	0,5	1,0	8,6	6,0	4
Torrisamente ustico (1)	A	9	34	57	FAr	2,4	1,4	0,14	10,0	81,0	0,0	33	6,4	0,7	4,7	1,8	0,5	1,2	9,0	6,0	4
	AC	7	34	59	FAr	0,8	0,5	0,06	8,0	21,0	0,0	0	6,8	12,9	5,7	2,5	2,0	0,8	9,0	22,0	134
	C	4	32	64	FAr	0,5	0,3	0,04	7,0	32,0	0,0	0	7,6	17,7	2,9	1,9	2,8	1,4	7,8	36,0	

5.2.2.4 Datos analíticos de los suelos modales en cada unidad cartográfica paisaje-modelado-geoforma

Los perfiles seleccionados como representativos de las unidades taxonómicas de suelo dominantes de las unidades cartográficas se muestran en este apartado. Las Tablas 5.39-5.42 describen los datos analíticos de los perfiles modales o representativos de cada una de las unidades cartográficas paisaje-modelado-geoforma.

En el paisaje *Planicie fluvio-eólica (Río Sali-Dulce): Mega abanico proximal Cobertura de Loess (1P) y Cuetas de deflación (2P)* se identifican superficies extensas ubicadas dentro de la pendiente regional de la bajada distal cubierta por depósitos eólicos con el suelo AC1 La María y VG94 Las Marías. De acuerdo a las modalidades de riego, época del año, precipitaciones, evapotranspiración, y tipos de cultivos, la salinidad va cambiando siempre menos que la alcalinidad sódica, también presente a distintas profundidades.

En este mismo paisaje, modelado *Mega abanico distal*, tenemos el *Mega abanico proximal* con la *Planicie interfluvial (3P)* y *Cauce colmatado (2P)*. En los relieves planos bien drenados los perfiles se encuentran dentro de la antigua planicie o llanura de agradación del río AC248 La Norteña, AC42 Maquito, en sectores con escurrimiento muy lento o estancado AC129 El Simbol y en las partes más planas y deprimidas domina el suelo Manogasta degradada y sódica, moteados en profundidad, nódulos y otras cementaciones como evidencias de problemas en el drenaje.

El paisaje *Valle (Río Dulce: Terraza media Albardón y desbordes (mt) (7D), Terraza baja Albardón y desbordes (lt) (8D), Planicie de inundación activa* incluye el *Río (9D)* se ubica sobre la terraza media y baja de la margen del actual curso del río. Lo constituyen arenas limpias de río sobre los paleocauces de texturas arenosas y franco arenosas en albardones proximales con un mesorelieve y relieve bien manifiesto, alternando también depósitos de terrazas pequeñas con capas fluviales recientes de texturas variables. Se observan abundantes espiras de meandros irregularmente dispuestas y/o sobrepuestas. Las limitantes edáficas son texturas arenosas, salinidad, alcalinidad y fertilidad. Además, la topografía inciden también en la aptitud, por los desniveles cortos longitudinales ubicados en los bordes de los paleocauces. Los suelos son AC237 San Andres, AC240 Talán, AC 233 Lagunillas y AC55 Upianita ubicado en los ambientes de los flancos altos de los albardones, con drenaje excesivo y baja fertilidad.

El unidad de paisaje *Planicie aluvial migratoria (Río Salado) Valle fluvial activo-Planicie de desbordamiento (10S) y Albardón (11S); Planicie de inundación activa-Terraza baja y bañado (12S)* se corresponden con áreas deprimidas correspondientes a las antiguas planicies de inundación, de relieve plano cóncavo, muy limitadas por alcalinidad, salinidad y drenaje como AC201 Mayu Puntan, AC203 San Agustín. En ambientes ondulados con meso y macrorelieve AC202 La Ramada y AC246 Tacoyuraniój. En situaciones planas más altas cubiertas por sedimentos fluvio-eólicos se encuentran perfiles como AC247 Maria Rosa.

Resultados

Tabla 5.39 Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma

PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE) - MEGA ABANICO PROXIMAL - COBERTURA DE LOESS - 1P																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 1	La Maria	Haplustol Torriortentico	A1	0-20	12	64	24	FL	2,4	1,4	0,1	10,0	14,0	0,0	39	6,3	0,5	13,2	2,4	0,4	2,1	16,8	2,4	4
			AC	20-52	10	62	28	FL	1,1	0,7	0,1	6,0	15,0	0,0	36	7,2	0,2	11,4	3,0	0,4	1,2	14,8	2,7	4
			C1k	52-87	11	58	31	FL	0,5	0,3	0,1	4,0	12,0	0,9	32	7,8	0,9	11,1	3,2	1,1	1,5	12,0	9,2	4
			C2k	87-150	6	60	34	FL	1,2	0,7	0,1	7,0	12,0	1,8	39	7,9	3,5			1,6	1,8	12,9	12,4	4
PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE) - MEGA ABANICO PROXIMAL - CUBETA DE DEFLACCION - 2P																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
VG 94	Las Marias-Abra	Haplustol acuico	A1	0-20	10	60	29	FL	1,6	0,9	0,1	10,7	34,0	0,0		5,7	0,2	9,4	1,1	0,3	1,4	2,0	2,3	
			AC	20-70	8	64	28	FL	1,0	0,6	0,1	8,0	5,4	0,0		7,2	0,3	11,6	1,7	0,4	1,6	15,3	2,8	
			IIC	70-110	8	65	27	FL	0,7	0,4	0,1	7,2	6,8	0,0		7,7	0,3	11,5	1,6	0,5	1,9	14,9	3,2	
PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE)- MEGA ABANICO DISTAL - PLANICIE INTERFLUVIAL - 3P																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 42	Maquito	Haplustol torriortentico	A1	0-23	7	34	59	FAr	1,1	0,7	0,1	7,0	0,9	0,0	31	7,3	0,5	6,9	1,2	0,2	0,9	8,7	2,0	4
			AC	23-64	6	35	59	FAr	0,5	0,3	0,1	4,0	2,0	0,0	29	8,0	0,4	8,3	1,2	0,4	0,6	9,6	4,0	4
			C1	64-130	6	37	57	FAr	0,3	0,2	0,0	6,0	1,0	3,1	29	8,1	0,5			0,5	0,6	8,6	6,0	4
			IIC2	130-150	5	51	44	FL	0,2	0,1	0,0	6,0	1,0	2,3	32	8,0	1,0			1,1	0,5	8,1	14,0	2
AC 49	Manogasta	Natrargid ustolico	A1	0-13	14	54	32	FL	1,5	0,9	0,1	7,0	97,0	3,0	43	8,0	20,1			2,2	3,1	24,2	9,1	101
			Bt1	13-28	28	53	20	FAcL	0,6	0,7	0,1	5,0	74,0	3,0	56	8,2	33,5			14,6	3,1	30,9	47,0	120
			Bt2	28-44	24	59	17	FL	0,7	0,4	0,1	5,0	59,0	3,0	62	8,2	30,6			14,7	3,5	33,5	43,9	117
			BC	44-65	17	72	11	FL	0,3	0,2	0,1	4,0	72,0	3,0	50	8,4	35,2			14,8	2,2	26,8	55,2	140
			C	65-110	14	57	29	FL	0,3	0,2	0,1	3,0	47,0		43	8,4	33,5	13,7	3,3	13,1	2,1	24,7	53,0	127
AC 129	El Simbol	Argiustol aridico	A1	0-22	17	58	25	FL	3,2	1,9	0,2	9,0	81,0	3,0	48	7,0	0,6			0,2	2,8	22,9	1,0	4
			Bt	22-53	18	60	22	FL	1,6	1,6	0,1	8,0	31,0	0,0	43	7,2	0,5	13,1	4,7	0,5	2,5	19,8	3,0	4
			BC	53-90	17	64	19	FL	1,0	0,6	0,1	5,0	18,0	1,3	44	7,7	0,6			1,7	1,7	23,0	7,0	4
AC 248	La Nortena	Haplustol aridico	C1	90-110	5	45	50	FAr	0,2	0,1	0,0	3,0	18,0	0,5	35	7,9	0,6			1,1	0,8	13,9	8,0	4
			A	0-16	17	67	16	FL	2,1	1,2	0,1	10,0	18,0	1,2	47	7,9	1,9			1,3	1,7	18,7	7,0	7
			B	16-39	16	71	13	FL	0,8	0,5	0,1	7,0	19,0	1,6	43	8,0	1,1			2,3	1,6	16,8	14,0	4
			C1k	39-110	20	59	21	FL	0,6	0,4	0,1	5,0	7,0	1,9	40	8,1	1,3			2,4	1,6	15,4	16,0	4

CAPÍTULO V

Tabla 5.40 Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma (Continuación)

PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE)- MEGA ABANICO DISTAL - CAUCE COLMATADO - 4P																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 230	Loma	Torripsamente ustico	A	0-8	3	30	67	ArF	0,8	0,5	0,0	11,0	12,0	0,0	35	6,9	13,5	8,3	1,6	1,4	0,9	7,4	19,0	101
			C	8-110	1	20	79	ArF	0,3	0,2	0,0	10,0	8,0	2,1	35	7,4	17,3			1,5	1,1	7,0	21,0	122
			A1	0-14	5	46	49	FAr	1,2	0,7	0,1	6,0	58,0	0,0	41	7,5	0,9	7,8	2,4	0,3	1,2	10,2	2,9	4
AC 50	Silipica	Torriortente ustico	AC	14-47	5	55	40	FL	0,6	0,3	0,1	5,0	50,0	0,0	35	7,1	0,1	6,7	1,4	0,3	0,8	9,8	3,1	4
			C1	47-83	4	56	40	FL	0,3	0,2	0,1	4,0	30,0	3,0	37	8,5	0,3			1,0	0,5	9,4	10,6	4
			C2	83-110	4	56	40	FL	0,3	0,2	0,1	2,0	21,0	1,6	38	8,5	0,3			0,9	0,5	8,6	10,5	4
PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE)- ANTIGUA PLANICIE ALUVIAL - PLANICIE DE EXPLAYAMIENTO - 5P																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 221	Perchil bajo	Argiustol acuico	A	0-21	24	48	28	F	1,6	0,9	0,1	10,0	15,0	0,0	45	6,9	5,8	13,5	3,5	0,7	1,5	21,0	3,0	50
			Bw	21-70	37	43	20	FAC	1,7	1,0	0,1	12,0	15,0	0,0	54	6,4	17,0	12,9	4,3	0,6	1,4	20,1	3,0	194
			BC	70-110	26	43	31	F	1,0	0,6	0,1	10,0	14,0	1,7	52	6,6	37,5			3,5	1,6	15,8	22,0	263
PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE)- ANTIGUA PLANICIE ALUVIAL - DIQUE ALUVIAL - 6P																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 235	El Yugo	Torrifluvente ustico	A	0-18	8	70	22	FL	2,0	1,2	0,1	11,0	28,0	1,3	47	6,8	2,5			0,8	1,4	13,6	6,0	19
			AC	18-47	6	70	24	FL	0,4	0,2	0,1	3,0	6,0	1,2	43	7,0	12,4			1,5	0,7	10,0	15,0	114
			II	47-110	40	44	16	FL	1,0	0,6	0,1	7,0	16,0		63	6,8	17,5	14,5	3,8	2,8	0,8	18,8	15,0	187
AC 243	Bajo Grande	Torriortente tipico	A	0-23	13	43	44	F	2,0	1,2	0,1	12,0	55,0	0,9	35	7,3	18,7			3,0	1,9	14,7	21,0	157
			AC	23-50	15	48	37	F	0,7	0,4	0,0	10,0	30,0	1,4	41	7,6	53,0			4,2	1,9	13,6	31,0	317
			C	50-85	13	47	40	F	0,4	0,2	0,0	6,0		6,1	39	7,6	66,5			4,2	1,8	12,8	33,0	405
VALLE (RIO DULCE) - TERRAZA MEDIA - ALBARDON Y DESBORDES (mt) - 7D																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 237	San Andrés	Haplustol aridico	A	0-23	19	63	18	FL	4,3	2,5	0,2	12,0	25,0	0,0	56	6,1	42,5	9,4	1,3	2,4	1,2	15,4	16,0	337
			Bw	23-50	16	68	16	FL	1,2	0,7	0,1	8,0	9,0	0,0	55	6,4	19,2	10,0	1,9	2,5	1,1	13,8	18,0	236
			Ck	50-110	19	61	20	FL	1,4	0,8	0,1	10,0	9,0	1,9	62	6,7	37,0			2,5	1,1	11,0	23,0	268

Tabla 5.41 Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma (Continuación)

VALLE (RIO DULCE) - TERRAZA BAJA - ALBARDON Y DESBORDES (It) - 8D																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 233	Lagunillas	Haplustol aridico	A	0-20	14	54	32	FL	2,6	1,5	0,2	10,0	14,0	1,2	42	7,8	1,1			0,9	1,0	16,8	5,0	2
			Bw	20-50	13	52	35	FL	0,8	0,5	0,1	9,0	9,0	1,8	31	8,0	0,7			1,2	1,1	14,0	9,0	7
			C	50-110	16	49	35	F	0,2	0,1	0,0	5,0	9,0	2,0	34	7,8	0,7			1,4	1,0	14,2	10,0	7
AC 240	Talan	Haplustol típico	A	0-23	6	44	50	FAr	3,5	2,0	0,2	10,0	21,0	1,1	44	6,8	6,1			0,8	0,9	13,1	6,0	36
			II	23-110	3	36	61	FAr	0,1	0,1	0,0	2,0	6,0	3,0	36	8,2	1,3			2,1	0,4	7,8	27,0	4
VALLE (RIO DULCE) - PLANICIE DE INUNDACION ACTIVA - RIO - 9D																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 55	Upianita	Torripsamente típico	A	0-12	1	3	96	Ar	0,2	0,1	0,0	3,0	22,0	0,0	27	7,3	0,1	1,6	0,8	0,2	0,3	3,2	0,2	14
			C	12-110	1	5	94	Ar	0,6	0,4	0,1	7,0	36,0	0,0	30	6,3	0,2	1,5	0,4	0,2	0,3	2,9	6,9	16
PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) - VALLE FLUVIAL ACTIVO - PLANICIE DE DESBORDAMIENTO - 10S																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 201	Mayu Puntan	Natrualf típico	A	0-12	18	40	42	F	3,1	1,8	0,2	11,0	19,0	0,0	42	6,3	0,9	7,1	1,6	0,8	0,7	15,8	5,0	4
			Bw	12-44	35	43	22	F	0,6	0,4	0,1	7,0	23,0	0,0	49	6,1	10,6	7,4	1,9	2,1	0,6	13,8	15,0	64
			BC	44-90	26	48	26	F	0,3	0,2	0,0	9,0	29,0	0,0	42	6,3	36,0	4,4	3,2	2,5	0,7	12,6	20,0	120
			C1	90-110	22	46	32	F	0,1	0,0	0,0		16,0	3,0	44	7,4	16,3			1,8	1,1	11,6	16,0	102
PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) - VALLE FLUVIAL ACTIVO - ALBARDON - 11S																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 202	La Ramada	Torripsamente ustico	A	0-27	14	52	34	FL	1,4	0,8	0,1	8,0	12,0	1,0	38	7,7	1,8			1,6	1,1	12,4	13,0	8
			AC	27-50	10	50	40	F	0,4	0,3	0,1	5,0	11,0	2,2	41	7,4	49,0			3,8	0,6	10,6	36,0	271
			Csa	50-110	14	44	42	F	0,1	0,0	0,0		11,0	2,7	40	7,5	65,0			4,0	0,9	11,0	36,0	394
AC 203	San Agustin	Natrualf aridico	A	0-24	16	58	26	FL	2,4	1,4	0,1	10,0	16,0	1,1	41	8,2	2,1			2,9	1,4	17,4	17,0	7
			Bw	24-42	20	56	24	FL	0,3	0,2	0,0	7,0	37,0	1,2	52	8,0	19,9			4,0	1,9	12,0	33,0	143
			BC	42-70	22	50	28	F	0,2	0,1	0,0	7,0	37,0	1,2		7,7	15,7			3,0	1,6	10,8	28,0	77
			C1	70-110	15	39	46	F	0,1	0,1	0,0		15,0	1,9	37	7,7	80,5			4,9	0,9	8,8	56,0	385
PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) - PLANICIE DE INUNDACION ACTIVA - TERRAZA BAJA Y BAÑADO - 12S																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
VG 450	Villa	Torrifluente típico	I	0-23	11	63	26	FL	3,5	2,1	0,2	12,1	2,3	3,0		7,9	1,9			2,5	2,3	21,2	11,7	
			II	23-53	9	65	26	FL	0,6	0,4	0,0	9,0	2,2	2,5			8,2	4,3			5,2	1,9	12,2	42,0
			III	53-100	9	35	56	FAr	0,4	0,2	0,0	10,0	2,2	0,9			7,9	12,0			2,5	0,9	9,1	28,0

CAPÍTULO V

Tabla 5.42 Perfiles representativos de las unidades de paisaje-modelado-geoforma (Continuación)

PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) - PLANICIE FLUVIO-EOLICA REMANENTE - PLANO ALUVIAL - 13S																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 206	El Carmen	Torriortente ustico	A	0-13	16	58	26	FL	1,4	0,8	0,1	13,0	17,0	0,0	33	6,7	15,4	4,2	2,5	1,2	1,3	8,6	14,0	110
			AC	13-56	7	41	52	FAr	0,6	0,3	0,0	8,0	4,0	0,0	31	7,2	20,0	4,3	2,1	1,3	1,0	7,4	18,0	150
			C1	56-110	5	46	49	FAr	0,3	0,2	0,0		19,0	3,0	31	7,8	33,5			2,0	0,9	7,0	29,0	116
AC 247	Maria Rosa	Haplustol aridico	A	0-20	16	48	36	F	2,2	1,3	0,1	10,0	18,0	0,0	41	7,2	4,0	7,7	3,1	0,8	0,8	14,8	5,0	38
			Bw	20-43	15	47	38	F	1,2	0,7	0,1	8,0	5,0	0,0	39	7,2	10,8	5,9	3,9	2,0	0,6	12,7	16,0	118
			BC	43-74	16	48	36	F	0,6	0,4	0,1	8,0	13,0	0,0	41	7,4	18,5	4,5	2,9	2,8	0,9	12,6	22,0	164
			C1k	74-110	14	50	36	F	0,4	0,2	0,1	4,0	17,0	2,0	38	7,7	19,4			3,0	0,8	12,5	24,0	145
PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) - PLANICIE FLUVIO-EOLICA REMANENTE - CANAL ALUVIAL - 14S																								
Obs	Nombre	Taxonomía	Hor	Prof	Arc	Lim	Are	Tex	MO	C	N	CN	P	CO ₃ Ca	CSat	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CIC	PSI	Clmeq
AC 246	Tacoyuranoj	Torripsamente ustico	A	0-24	9	34	57	FAr	2,4	1,4	0,1	10,0	81,0	0,0	33	6,4	0,7	4,7	1,8	0,5	1,2	9,0	6,0	4
			AC	24-46	7	34	59	FAr	0,8	0,5	0,1	8,0	21,0	0,0		6,8	12,9	5,7	2,5	2,0	0,8	9,0	22,0	134
			C	46-110	4	32	64	FAr	0,5	0,3	0,0	7,0	32,0	0,0		7,6	17,7	2,9	1,9	2,8	1,4	7,8	36,0	

5.2.2.5 Rasgos distintivos de los subgrupos de suelos y distribución en las unidades cartográficas paisaje-modelado-geoforma

La Tabla 5.43 muestra la clasificación taxonómica de los suelos identificados, los códigos de las unidades cartográficas donde se presentan y los símbolos de los perfiles correspondientes. Como puede apreciarse se han reconocido cuatro Ordenes, Subordenes, Grandes Grupos y Subgrupos.

Tabla 5.43 Clasificación de los suelos en base a las unidades taxonómicas

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Código	Perfiles	UC
		Haplustalfes	Áridicos	(ASai)	AC221 Perchil bajo	5D
Alfisoles	Ustalfes	Natrustalfes	Áridicos	(ANai)	AC203 San Agustín	
		Natrualfes	Típicos	(ANac)	AC201 Mayu Puntan	10S, 11S
Aridisoles	Ortides	Natrargides	Ustolicos	(DNco)	AC49 Manogasta	4P, 7D
	Fluventes	Torrifluventes	Usticos	(Elus)	AC235 El Yugo VG 450 Villa	12S, 6D, 9D, 10S.
Entisoles	Ortentes	Torriortentes	Usticos	(EPus)	AC50 Silípica, AC243 Bajo Grande AC206 El Carmen	3D, 4D, 6D, 8D, 11S, 13S
	Psammentes	Torriop-sammentes	Usticos	(ETus)	AC55 Upianita AC202 La Ramada AC246 Tacoyuraniój	3D, 4D, 6D
			Áridicos	(MKai)	AC129 El Simbol VG94 Las Marias	2P, 3D, 4D
			Acuicos	(MNac)	AC248 La norteña AC 237 San Andres AC247 Maria Rosa	3D, 6D
Molisoles	Ustoles	Argiustoles Haplustoles	Áridicos	(MNai)	AC233 Lagunillas AC247 Maria Rosa	3D, 7D, 13S
			Típicos	(MNtc)	AC240 Talan	8D
			Torriorténticos	(MNto)	AC1 La Maria AC42 Maquito	3D, 4D, 7D, 13S, 14S

A continuación se presenta una descripción sintética de las principales propiedades de los subgrupos de suelos identificados, destinados especialmente, a dar una información breve del subgrupo. Una vez descriptas las variaciones observadas de cada subgrupo se consigna la forma en que aparece representado en el mapa.

Los Haplustoles torriorténticos (MNto) tienen una secuencia de horizontes A-AC-Ck, con un epipedón mólico (A). La textura franco limosa (48-60% de limo), escasa materia orgánica (1.7-2.1%), pH neutro, CIC entre 11 y 17 meq/100g, no salinos, no sódicos, con carbonato de calcio en profundidad. Los Haplustoles torriorténticos suelos son dominantes en 1P e integran las unidades 3D, 4D, 7D, 13S y 14S.

Los Haplustoles ácuicos tienen una secuencia de horizontes A-AC-C, con un epipedón mólico. Textura franco arenosa, materia orgánica moderada (2.1 a 2.5%), los valores de pH neutro, la CIC varía entre 15-19 meq/100g, imperfectamente drenados, no salino, no sódicos, con moteados y concreciones de carbonato. Los Haplustoles ácuicos son dominantes en 2P e integran las unidades 3D y 6D.

Los Haplustoles arídicos (MNai) tienen una secuencia de horizontes A-Bw-C, con epipedón mólico (A) y un horizonte cámbico. Textura franca a franca limosa (45-62% de limo), materia orgánica (2.8-3.7%), pH neutro a ligeramente alcalino y CIC entre 12 y 18 meq/100 g), no salinos, no sódicos, con acumulación de carbonatos en la base. Los Haplustoles arídicos son dominantes en 3D, 7D y 13S.

Los Argiustoles arídicos (MKai) se caracterizan por una secuencia de horizontes A-Bt-BC-C, con un epipedón mólico (A) y un horizonte argílico (Bt). La textura es franca, franca limosa a franca arcillosa (13-31% de arcilla), pH neutro, CIC entre 12 y 20 meq/100 g, no salinos, no sódicos, con acumulación de carbonato en la base. Los Argiustoles arídicos integran 2P, 3D y 4D.

Los Torripsammentes ústicos (ETus) tienen una secuencia de horizontes A-C, sin horizonte de diagnóstico. La textura es franca arenosa (60-95% de arena), la materia orgánica es muy baja (<1,2%), el pH neutro, la CEC es baja entre (2 y 10 meq /100 g), no son salinos ni no sódicos, sin carbonatos en el perfil. Los Torripsammentes ústicos son dominantes en 9D, 11S, y 14S e integran las unidades 3D, 4D y 6D.

Los Torriorthentes ústicos (EPus) tienen una secuencia de horizontes A-C, sin horizonte de diagnóstico. La textura es franca a franco limosa (40-60% de limo), pH ligeramente alcalino en profundidad, la CIC es media (10-20 meq/100 g), no salino, no sódicos, con carbonatos en la base del perfil. Los Torriorthentes ústicos integran las unidades 3D, 4D, 6D, 8D, 11S y 13S.

Los Haplustalfes arídicos (ASai) tiene una secuencia de horizontes A-Bt-BC-C, con epipedon ócrico (A) y horizonte argílico (Bt). La textura es franca a franco arcillosa (24-37% de arcilla), la materia orgánica es baja (1,5-1,7%), pH ligeramente ácido, la CIC es alta (16-21 meq/100 g). Son salinos y sódicos en la base del perfil. Los Haplustalfes típicos son dominantes en 5D.

Los Torrifluventes ústicos (Elus) tiene una secuencia de capas aluviales con diferente espesor, textura, hidro-morfismo y rasgos de salinidad. Los Torrifluventes ústicos son dominantes en 12S e integran 6D, 9D y 10S.

Los Haplustoles típicos (MNtc) tienen una secuencia de horizontes A-Bw-C, con epipedón mólico (A) y horizonte cámbico (Bw). La textura es franco arenosa, pH neutro, la CEC es bajo entre y 13 meq/100 g), no salinos, no sódicos, con carbonatos en profundidad. Los Haplustoles típicos son dominantes en 8D.

Los Natracualfes típicos (ANac) tienen una secuencia de horizontes A-Btn-BC-C, con epipedón ócrico (A) y horizonte nátrico. (Btn) con moteados y concentraciones de Fe y Mn. La textura es franco a franco arcillosa, escasa materia orgánica (1,8-2,0%), pH ligeramente ácido, la CIC entre 13 y 16 meq/100 g), salinos, sódicos, con carbonatos en la base. Los Natracualfes típicos son dominantes en 10S.

Los Natrustalfes arídicos tienen una secuencia de horizontes A-Btn-BC-Ck, con epipedon ócrico (A) y horizonte nátrico (Btn). La textura es franco limosa (15-20% de arcilla), el contenido de materia orgánica moderado (2,4%), pH alcalino, la CIC media (10-17 meq/100 g), solución salina, sódicos. Los Natrustalfs arídicos integran 11S.

Los Natragides ustólicos (DNco) tienen una secuencia de horizontes A-Btn-Btn-BC-C, con un epipedon ócrico (A) y horizonte nátrico (Btn). La textura franco limosa a franco arcillo limosa (14-28% de arcilla), la materia orgánica baja (1,5-2%), pH alcalino, CIC alta entre 24 y 33 meq/100 g, salinos, sódicos. Los Natragids Ustollic integran 4P y 7D.

5.2.2.6 Rasgos distintivos de la texturade suelos en las unidades cartográficas paisaje-modelado-geoforma

El relevamiento geopedológico produjo información que ilustra el complejo e intrincado patrón de geoformas de una zona representativa del Chaco semiárido. La integración entre geomorfología y pedología a lo largo del proceso de relevamiento está reflejada en la estructura de la leyenda y en las unidades geomórficas que provee el marco cartográfico para los tipos de suelos. En la Fig. 5.7 se muestra la superposición del mapa geopedológico sobre el modelo digital de elevaciones.

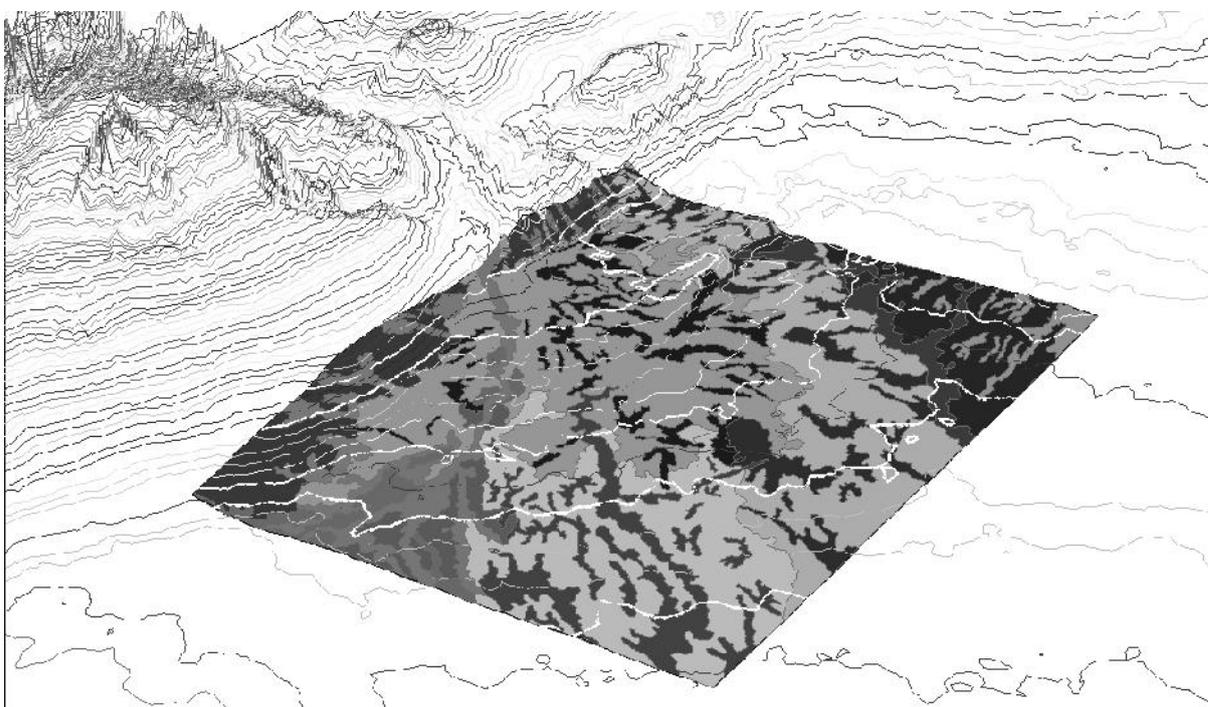
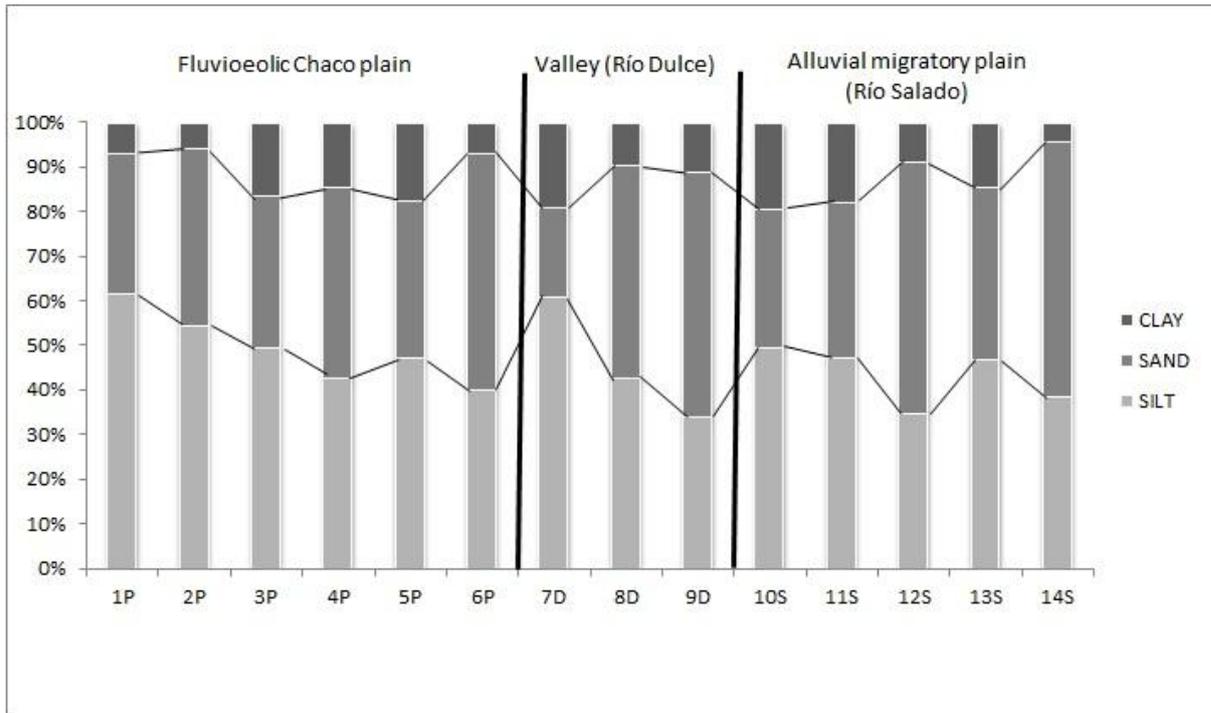


Fig 5.7 Modelo digital de elevación y mapa de geopedológico del área de estudio en 3D

Considerando que los suelos se han formado a partir de la cobertura de loess en el oeste y de materiales aluviales en el centro y noreste, la textura en el horizonte C varía, desde principalmente franco limoso en el mega abanico proximal (1P y 2P); mientras que en el paisaje aluvial el contenido de arena aumenta según su posición en el relieve con franco arenoso en los albardones (9D, 12S y 14S), franco (3P, 4P, 5P, 8D, 10S) y franco limoso (6p, 7D, 11S, 13S) en las posiciones planas, y variable en las ligeramente cóncavas (Fig. 5.8).



1P = cobertura de loess; 2P = cubeta de deflación; 3P = planicie interfluvial; 4P = cauce colmatado; 5P = planicie de explayamiento; 6P = dique aluvial; 7D = albardón y desbordes (mt); 8D = albardón y desbordes (lt); 9D = río; 10S = planicie de desbordamiento; 11S = albardón; 12S = terraza baja y bañado; 13S = plano aluvial; 14S = canal aluvial

Fig. 5.8 Contenidos de arcilla, limo y arena en los horizontes C en las unidades cartográficas de paisaje y geoformas

5.3 Mapa y leyenda geopedológica

El análisis iterativo de la relación paisaje-suelo, el trabajo de campo, y los datos de laboratorio permitieron el reconocimiento y la clasificación de los subgrupos de suelos dominantes en cada unidad de cartográfica.

La clasificación jerárquica de las unidades cartográficas geopedológicas paisaje-modelado-geoformas, conjuntamente con los componentes taxonómicos de subgrupos de suelos, fue establecida a partir del análisis integrado de las relaciones e interacciones entre geoformas y suelos. La distribución espacial de suelos está relacionada a las geoformas en todas las escalas.

Las unidades de mapeo son asociaciones y complejos determinados e indeterminados, consistiendo en dos o más taxones de suelos geográficamente asociada a la forma de terreno, en cada una de las unidades paisaje-modelado-geoforma.

La estimación del porcentaje de superficie que cubre cada suelo dentro de una unidad cartográfica paisaje-modelado-geoforma, ya sea una asociación o complejo, es de suma utilidad para establecer la capacidad de uso válida para toda la unidad compuesta, de acuerdo con las capacidades de uso individuales de cada suelo integrante. Esto adquiere mayor importancia en los casos de las unidades combinadas que están integradas por suelos de aptitudes agropecuarias muy dispares, como sucede cuando un complejo está formado por suelos aptos para agricultura y suelos alcalinos muchas veces ineptos para cultivos.

Para las unidades compuestas se estima el porcentaje de participación de cada suelo en el total de cada unidad, donde no fue posible se los describe como complejos indiferenciados y simplemente se consignan las características principales.

Planicie fluvio-eólica chaqueña (Río Salí-Dulce)

En la cobertura de loess de la bajada distal de la Planicie fluvio-eólica chaqueña (Río Salí-Dulce) del Mega abanico proximal dominan los suelos Haplustoles Torriorténticos sin horizonte cámbico, y los Haplustoles Acuicos en las Cubetas de deflación con excesos de agua y condiciones ácuicas en algunos períodos del año.

El Mega abanico distal está caracterizado por una red de drenaje radial, se observan en las Planicies interfluviales (3P), en los planos altos los Haplustoles Aridicos como suelo principal y los Haplustoles Torriorténticos como suelos menores. En las microdepresiones de la misma unidad se encuentran los Argiustoles Aridicos, mientras que en los Cauce colmatado (4P) los Torripsamments Usticos y Torriorténtes Usticos son comunes. En el Antigua planicie aluvial, los Haplustalfes Aridicos en la Planicie de explayamiento (5P) y Torriorténtes Usticos y Torrifluventes Usticos en el Dique aluvial (6P).

Valle (Río Dulce)

El Valle (Río Dulce), tiene los suelos más maduros como Haplustoles Aridicos se encuentran en la Terraza media de la geoforma Albardón y desbordes (mt) (6D) y en la Terraza baja de Albardones y desbordes (lt) (7D) los suelos son Haplustoles Aridicos y Haplustoles Típicos. En los depósitos de las Planicies de inundación activa, en la geoforma Río (9D), se encuentran los Torripsamments Usticos con diferentes niveles de desarrollo en la unidad y Torrifluventes Usticos con texturas contrastantes

Planicie aluvial migratoria (Río Salado)

La Planicie aluvial migratoria (Río Salado), hay que considerar que en el Valle fluvial activo se encuentran los Natracualfes Típicos desarrollados en la Planicie de desbordamiento con nivel alto de la freática, y Torripsamments Usticos y Natrustalfes Arídicos en albardones y terrazas bajas.

En la Planicie de inundación activa, la geoforma Terraza baja y bañado que dreña los cauces temporarios de la depresión de Huyamampa se encuentran los Torrifluventes Usticos conjuntamente con suelos salino-sódicos aluviales.

En la Planicie fluvio-eólica remanente, en la geoforma Plano aluvial se presenta como dominantes los Haplustoles Aridicos y Torriorténtes Usticos. En Canal aluvial compuesto por depresiones elongadas e irregulares, los suelos Torripsamments Usticos.

El área de estudio que comprende los tres tipos de paisajes, nueve tipos de modelados, y catorce tipos de geoformas, incluyendo el nombre, el símbolo, y la composición de suelos se muestran en el mapa geopedológico (Fig. 5.9) y en la leyenda (Tabla 5.44).

PAISAJE	MODELADO	FACE	GEOFORMA	SIM	SUELOS	PERFIL
Planicie fluvio-eólica chaqueña (Río Salí-Dulce)	Mega abanico proximal	Eólica	1 Cobertura de loess	1P	Haplustoles Torriorténticos	AC1 La Maria
			2 Cubeta de deflacción	2P	Haplustoles Acuicos	VG94 Las Marias
	Mega abanico distal	Aluvial	3 Planicie interfluvial	3P	Haplustoles Arídicos Haplustoles Torriorténticos Argiustoles Arídicos Natrargides Ustólicos	AC248 La norteña AC42 Maquito AC129 El Simbol AC49 Manogasta
			4 Cauce colmatado	4P	Torripsammentes Usticos Torriortentes Usticos	AC230 Loma AC50 Silípica
	Antigua planicie aluvial	Aluvial	5 Planicie de explayamiento	5P	Haplustaltes Arídicos	AC221 Perchil bajo
			6 Dique aluvial	6P	Torriorténtes Usticos Torrifluventes Usticos	AC243 Bajo Grande AC235 El Yugo
Valle (Río Dulce)	Terraza media	Aluvial	7 Albardón y desbordes (mt)	7D	Haplustoles Arídicos	AC 237 San Andres
	Terraza baja		8 Albardón y desbordes (lt)	8D	Haplustoles Típicos Haplustoles Arídicos	AC240Talan AC233Lagunillas
	Planicie de inundación activa		9 Río	9D	Torripsammentes Usticos	AC55 Upianita
Planicie aluvial migratoria (Río Salado)	Valle fluvial activo	Aluvial	10 Planicie de desbordamiento	10S	Natracualtes Típicos	AC201 Mayu Puntan
			11 Albardón	11S	Ustic Torripsammentes Natrustaltes Arídicos	AC202 La Ramada AC203 San Agustin
	Planicie de inundación activa	Aluvial	12 Terraza baja y bañado	12S	Torrifluventes Usticos	VG450 Villa
	Planicie fluvio-eólica remanente	Eólico sobre aluvial	13 Plano aluvial	13S	Haplustoles Aridicos Torriorténtes Usticos+	AC247 Maria Rosa AC206 El Carmen
14 Canal aluvial			14S	Torripsammentes Usticos	AC246 Tacoyuranoj	

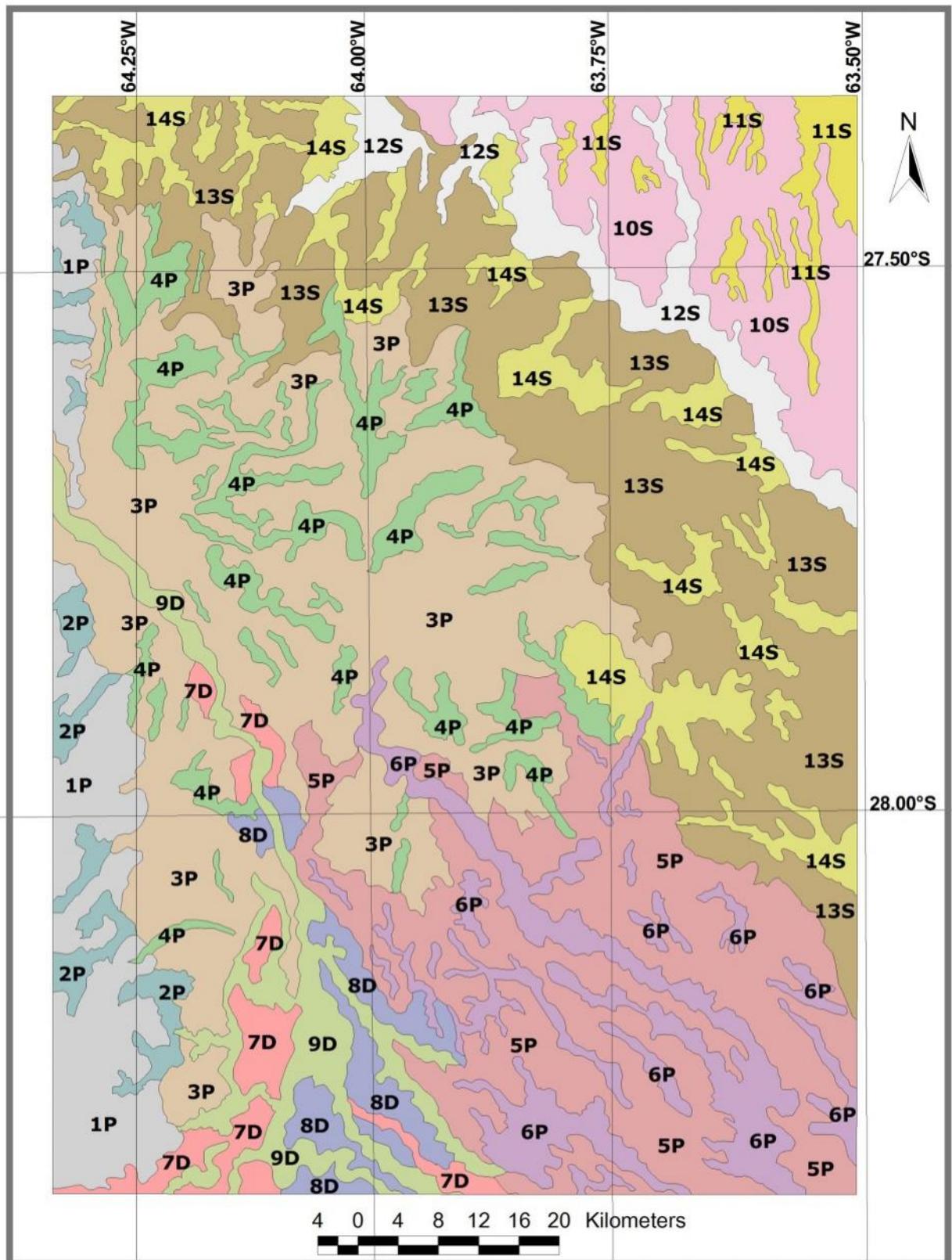


Fig. 5.9 Mapa Geopedológico del área de estudio (leyenda en Tabla 5.44)

Conclusiones

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES

El relevamiento geopedológico produjo información que ilustra el complejo e intrincado patrón de geformas de una zona representativa del Chaco semiárido. La integración entre geomorfología y pedología a lo largo del proceso de relevamiento está reflejada en la estructura de la leyenda y en las unidades geomórficas que provee el marco cartográfico para los tipos de suelos.

Considerando que los suelos se han formado a partir de la cobertura de loess en el oeste y de materiales aluviales en el centro y noreste, la textura en el horizonte C varía, principalmente desde franco a limoso en el mega abanico proximal (1P y 2P); mientras que en el paisaje aluvial el contenido de arena aumenta según su posición en el relieve con franco arenoso en los albardones (9D, 12S y 14S), franco (3P, 4P, 5P, 8D, 10S) y franco limoso (6P, 7D, 11S, 13S) en las posiciones planas, y variable en las ligeramente cóncavas.

La versatilidad de las imágenes satelitales multiespectrales fue demostrada a través del estudio de los rasgos de la relación paisaje-suelo en las diferentes estaciones del año y escalas. Durante la estación seca (junio-setiembre), caracterizada por la escasa vegetación, la visibilidad de las características del terreno fue mejor, lo que coincide con las observaciones de Shepande (2010).

La interpretación visual de las imágenes satelitales, a pesar de ser laboriosa y subjetiva, permite mejorar la delineación de las unidades de mapeo del técnico reconocedor de suelo gracias a la sinergia entre el conocimiento y la experiencia previa de éste y la información que proporcionan las imágenes. Estas conclusiones también fueron mostradas en trabajos como Sarapaka (2010) y Trotter (1991). Los mapas generados a través de la interpretación visual tienen la ventaja de utilizar una metodología relativamente más simple y ser obtenidos a un menor costo que con otras técnicas, lo que también confirma Manchanda (2002).

El uso de información topográfica (MDE) e imágenes satelitales (principalmente del satélite Landsat) en un entorno de SIG mejoró la metodología de mapeo de los patrones de suelo en la planicie del Chaco, así como en terrenos colinados. Resultados similares ya se han observado en otros estudios como Aksoy *et al.*(2009). El MDE es importante para la identificación de los atributos morfográficos y morfométricos que se han usado en la caracterización de la relación paisaje-suelo a nivel regional, lo que ya ha sido observado por autores como Dobos *et al.*(2000), y para reducir la desventaja causada por la ausencia de estereoscopia en la interpretación de las imágenes satelitales.

Finalmente, y como conclusión general, se puede decir que la Geopedología mejora la perspectiva de los estudios de suelo a nivel regional, y que conjuntamente con el mapeo digital pueden mejorar y completar la cobertura espacial y temática de la relación paisaje-suelo.

Bibliografía

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFIA

- Abitbol AE (1997). Programa de desarrollo de pequeñas comunidades. Informe Técnico Santiago del Estero. CFI. Buenos Aires.
- Aksoy E, Ozsoy G, SabriDirim M (2009). Soil mapping approach in GIS using Landsat satellite imagery and DEM data. *African J of Agricultural Research* 4(11):1295-1302.
- Alonso B y Valladares F (2008). International Efforts on Global Change Research. En: Chuvieco E (ed) *Earth Observation of Global Change. The Role of Satellite Remote Sensing in Monitoring the Global Environment*. Department of Geography, University of Alcalá, Spain. Library of Congress Control Number: 2007935798.
- Alberdi MT, Cerdeño E, Prado JL (2008). *Estegomastodon platensis* (proboscidea, gomphotheriidae) en el Pleistoceno de Santiago del Estero, Argentina. *Ameghiniana* v. 45 n. 2, Buenos Aires.
- Amundson R, Jenny H (1997). On a State Factor Model of Ecosystems. *BioScience*, Vol 47 No 8 pp 536-543 URL: <http://www.jstor.org/stable/1313122>.
- Anderson D (2006). La Ciencia del Suelo a través de lentes de campo. En: Hartemink AE (ed) *El futuro de la Ciencia del Suelo*. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 1-4.
- Angueira C (1986). Geomorfología de Santiago del Estero. En: FAO (1986) *Curso Taller Internacional "Desmonte y Habilitación de Tierras en Zonas Semiáridas"* de la Red de Cooperación Técnica de la Región Chaqueña Semiárida, septiembre/1986, Santiago del Estero, INTA.
- Angueira C (1994). Evaluación de tierra Esquema FAO: Lavalle-Tapso-Frias. INTA, Santiago del Estero.
- Angueira C (2007). Geomorfología de Santiago del Estero. En: Angueira C, Prieto D, Lopez J y Barraza G. *Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero*, INTA.
- Angueira C (2007). Mapa de Suelos de Santiago del Estero. En: Angueira C, Prieto D, Lopez J y Barraza G. *Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero*, INTA.
- Angueira C, Prieto D (2003). *Sistema de información geográfica de Santiago del Estero (SigSE 1.0) CD ROM*. INTA, Santiago del Estero.

- Angueira C, Prieto D, Ponce P (1999). Implementación de un Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero (ProSigSE). En: 1ras. Jornadas Nacionales de SIG. 17-18/noviembre/1999, Santiago del Estero. INTA - FCF y FCAyA UNSE.
- Angueira C, Vargas Gil JR (1993). Carta de suelos de Lavalle-Tapso-Frias. INTA, Santiago del Estero.
- Angueira C, Zamora E (2007). Oeste del área de riego del Río Dulce, Santiago del Estero, Argentina. Carta de Suelos. INTA, Santiago del Estero.
- Angueira C, Prieto D, López J, Barraza G (2007). Sistema de información geográfica de Santiago del Estero, 2.0. CD ROM y <http://sigse.inta.gov.ar>. INTA, Santiago del Estero.
- Angueira C, Barraza G, López J (2008). Generación del DEM a partir de diferentes fuentes Proyecto Río Dulce (RD) y Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). INTA EEA Santiago del Estero (Inédito).
- Angueira C, Cruzate G, Zamora EM, Olmedo GF, Sayago JM, Castillejo González IL (2015). Soil mapping based on landscape classification in the semiarid Chaco, Argentina. En Zinck AJ, Metternicht G, Bocco G, del Valle HF (eds) *Geopedology – An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscapes Studies*. Springer.
- Arens PL, Etchevehere PH (1966). Normas de Reconocimiento de Suelos. Instituto de Suelos y Agrotecnia -INTA. Tirada interna, Buenos Aires.
- Arnold RW (1983). Concepts of Soils and Pedology En: Wilding LP, Smeck NE, Hall GF (eds) *Pedogenesis and Soil Pedology*, 1-21 Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam.
- Arnold D (2006). El Futuro de la Ciencia del Suelo. En: Hartemink AE (ed) *El futuro de la Ciencia del Suelo*. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 4-6.
- Arnold W, Brevik D (2014). Do We Need a New Definition of Soil? *Geophysical Research Abstracts* Vol. 16, EGU2014-99, 2014. EGU General Assembly 2014.
- Asociación Cartográfica Internacional (1966). Comisión sobre la formación de los cartógrafos. UNESCO, Paris.
- Aubert J, Boulaine J (1967). *La Pedologie*. Coll. Que sais-je? P.U.F. Paris. Traducción con el título *La Edafología*. Ed. Oikos-Tau. Barcelona, 1982.

- Barbeito O, Ambrosino S (2007). Estudio de áreas de inundación extraordinaria del curso inferior del Río Dulce; análisis geomorfológico. Hidroeléctrica Río Hondo SA.
- Barret EC, Curtis LF (1995). Introduction to Environmental Remote Sensing. 3ª Ed. Chapman & Hall. Londres. 426 p.
- Basher L (1997). Is pedology dead and buried? Australian Jour. Soil Res. 35: 979-994.
- Battrick B (2005). Global Earth Observation System of Systems ESA SP-1284, Holanda, ESA Publications Division, pp. 210.
- Beaudette D (2008). New Technologies to Construct and Present Soil Surveys. Thesis Universidad de California Davis. Estados Unidos.
- Bekunda M (2006). El manejo de los suelos agrícolas de África: el futuro de la ciencia del suelo. En: Hartemink AE (ed) El futuro de la Ciencia del Suelo. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 13-16.
- Białousz S, Chmiel J, Fijałkowska A, Ró yki S (2010). Application of satellite images and GIS technology for updating of soil-landscape units-examples for small scales mapping. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, s. 21–32.
- Blum WEF (2006). El Futuro de la Ciencia del Suelo. En: Hartemink AE (ed) El futuro de la Ciencia del Suelo. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 16-18.
- Bockheim JG, Gennadiyev AN, Hartemink AE, Eric C, Brevik EC (2014). Soil-forming factors and Soil Taxonomy. *Geoderma* 226-227: 231-237.
- Bockheim JG, Gennadiyev AN, Hartemink AE, Brevik EC (2014). The Use of Soil Forming Factors in the Development of Soil Taxonomy. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 16, EGU2014-6.
- Bockheim JG, Gennadiyev AN, Hammer RD, Tandarich JP (2005). Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma* 124:23-36.
- Boetto MA, Duffau A, Ezcurra F (1980). Mapa de suelos del Centro Este de Santiago del Estero. Provincia de Santiago del Estero.
- Boetto MA (1986). Caracterización de los suelos de la provincia de Santiago del Estero. Dirección de Minería y Geología de la provincia de Santiago del Estero. Comunicación personal.

- Boetto MA (1994). Suelos del área de Otumpa (Depto. Moreno). Propiedades, génesis y clasificación taxonómica. En: Angueira C, Prieto D (eds) Segundas Jornadas provinciales de suelos Junio-1994 Santiago del Estero.
- Böhner J, McCloy KR, Strobl J (2006). SAGA: analysis and modeling applications. Göttinger Geographische Abhandlungen vol 115, 130pp. download editorial, 130pp. download editorial
- Bouma J (1997). Precision agriculture: introduction to the spatial and temporal variability of environmental quality. En: Lake JV, Bock GR, Goode JA (ed) Precision agriculture: spatial and temporal variability of environmental quality. Ciba Foundation Symposium, Wageningen.
- Bouma J (2006). El Futuro de la Ciencia del Suelo. En: Hartemink AE (ed) El futuro de la Ciencia del Suelo. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 22-25.
- Bouma J, Bregt AK (1989). Land Qualities in space and time. Proceedings of a symposium organized by the International Society of Soil Science (ISSS). Wageningen, The Netherlands. 22-26 August 1988. Pudoc Wageningen, Holanda.
- Bouma J, Lanen HAJ, Breeuwsma A, Wösten HJM, Kooistra MJ (1986) Soil Use and Management 2 (4): 125-130.
- Brady NC, Weil RR (2002). The Nature and Properties of Soils, 13th edition. Prentice Hall.
- Bregt AK, Bouma J, Jellinek M (1987). Comparison of thematic maps derived from a soil map and from kriging of point data: Geoderma 39: 281-291.
- Breuning-Madsen H (2006). El Futuro de la ciencia del suelo en sociedades industriales. En: Hartemink AE (ed) El futuro de la Ciencia del Suelo. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 25-27.
- Brevik EC (2014). Convener European Geosciences Union – General Assembly 2014 – Vienna, Austria, 27 abril – 02 mayo 2014.
- Brevik EC, Hartemink AE (2014). A Brief History of Soil Mapping and Classification in the USA. Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-5-1, 2014 EGU General Assembly 2014.
- Brevik, EC, Hartemink AE (2013). Soil Maps of the United States of America. Soil Science Society of America Journal 77:1117-1132.

- Buol SW, Hole FD, McCracken RJ (1973). Soil Genesis and Classification (First Edición). Ames, IA: Iowa State University Press.
- Buol SW, Southard RJ, Graham RC, McDaniel PA (2011). Soil Genesis and Classification (Sixth Edition) Published On line.
- Buringh P (1954). Some problems concerning Aerial Photo-Interpretation in Soil Survey. International Training Centre for Aerial Survey, Delf, Holanda.
- Buringh P (1960). Aerial photo interpretation in soil survey.FAO Soils Bulletin 6.
- Buringh P (1960). The application of aerial photographs in soil surveys. Manual of Photographic Interpretation.American Society of Photogrammetry, Washington DC.
- Buringh P (1970). Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions.Pudoc, Wageningen.
- Burrough PA (1986). Principles of geographical information systems for land resources assessment.Monographs on Soil and resources Survey N0. 12., Oxford University Press. pp193.
- Burrough PA (1988). Modelling Land Qualities in space and time: The role of Geographical information systems. Documentatie: Institute for Geographical Research, University of Utrech, Holanda.
- Burrough PA (1993). Soil variability: a late 20th century view. Soils and Fertilizers 56: 529-562.
- Burrough PA, McDonnell RA (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press, Oxford.
- Burrough PA, Bouma J, Yates SR (1994). The state of the art in pedometrics. Geoderma 62: 311-326
- Burrough, PA, van Gaans PFM, MacMillan RA (2000). High-resolution landform classification using fuzzy k-means. Fuzzy Sets and Systems 113: 37-52.
- Cabrera AL (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II Fs 1. Ed. Acme, Buenos Aires p 1-85.
- Califra A (2010). Bases para la Planificación del Uso de la Tierra a Nivel Predial. Relevamiento de Suelos. Evaluación de Tierras. Universidad de la República, Uruguay,pp 105.
- Califra A, Ruiz A (1990). Relevamiento de Suelos. Universidad de la República Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Agua.

- Carignano C, Kröhling D, Degiovanni S, Cioccale M (2014). Geomorfología. Relatorio XIX Congreso Geológico Argentino, Córdoba.
- Carreira D (2005). Carbono oxidable. Una forma de medir la materia orgánica del suelo. *En*: L Marbán & S Ratto (eds). Tecnologías en análisis de suelos. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, pp. 91-102.
- Cartwright W (2012). Beck's representation of London's Underground system: map or diagram? *Geospatial Science Research* 2, RMIT University Melbourne.
- CGIAR-CSI (2004). The CGIAR Consortium Spatial Information. URL <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- Chuvieco E, Justice C (2008). Nasa Earth Observation Satellite Missions for Global Change Research. *En*: Chuvieco E (ed) Earth Observation of Global Change. The Role of Satellite Remote Sensing in Monitoring the Global Environment. Department of Geography, University of Alcalá, Spain. Library of Congress Control Number: 2007935798.
- Chuvieco E (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial. 3ª Ed. Rialp. Madrid, pp 568.
- Cline MG (1949). Principles of soil classification. *Soil Science* 67: 81-91.
- Cline MG (1961). The changing model of soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25 (6): 442-446.
- Collins M, Walter C (1998). Co-convenors of Symposium 17, Advances in Soil Survey Using Modern Tools Methods and Results. 16th World Congress of Soil Science, Montpellier, France.
- CONAE (2000). Mission SAC-C URL <http://www.conae.gov.ar/satelites/sac-c.html>
- Coppock JT, Rhind DW (1991). The history of GIS. *En* Maguire DJ, Goodchild MF y Rhind DW (eds). *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 21-43.
- DÁvello T, Indorante S, Waltman S, Thompson T (2015). A Pedological Tale IV: Conversations with Turtle, Bear, and Eagle. Doi: 10.2136/sh2015-56-2-rc1 Published in *Soil Horizons* (2015).
- de Bruin, S., Wielemaker WG, Molenaar M (1999). Formalisation of soil-landscape knowledge through interactive hierarchical disaggregation. *Geoderma*, 91: 151-172.
- DeGrujter JJ, Webster R, Myers DE (eds) (1994). Preface. Special Issue on Pedometrics. *Geoderma* 62: VII-VIII

- DeGruijter JJ, Walvoer DJJ, van Gaans PFM (1997). Continuous soil maps: a fuzzy set approach to bridge the gap between aggregation levels of process and distribution models. En: De Gruijter JJ, McBratney AB, McSweeney K. (eds.), *Fuzzy Sets in Soil Science*. *Geoderma* 77:169-195
- Dedios MN, García Ferrer PA, Sanchez de la Orden M (2002). Mapping of soil degradation by using remote sensing and GIS on GenilCordobilla sub Basin, Spain. En: Brebbia CA y Pascolo P (2002). *Management Information Systems 2002, incorporating GIS Remote Sensing*.
- del Valle HF (2011). La cartografía digital de suelos en la Argentina. Entre la Ciencia y el Empirismo. En: 1° Seminario-Taller Nacional de Cartografía Digital, 9-11 Noviembre 2011, Merlo (SL) Argentina. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- Diaz Fierros Viqueira F (2011). La ciencia del suelo: historia, concepto y método. Santiago de Compostela: Universidad de Servizo de Intercambio Científico (ed).
- DIGID (1979). Provincia de Santiago del Estero. Estudio de los Recursos Naturales. Informe final. Tomo II
- Dijkerman JC (1974). Pedology as a science: The role of data, models and theories in the study of natural soil systems. *Geoderma* 11:73-93.
- Dijkerman JC (1981). Agricultural Evaluation of soil. MSc. Agricultural University Wageningen, Holanda
- Dirección de Minería y Geología. Ministerio de Economía (1981). Caracterización de los suelos de la provincia de Santiago del Estero.
- Dobos E (2006). El Futuro de la ciencia del suelo: una visión de Europa. En: Hartemink AE (ed) *El futuro de la Ciencia del Suelo*. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 25-27.
- Dobos E, Montanarella L (2007). The development of a quantitative procedure for soilscape delineation using digital elevation data for Europe. En: Lagacherie P, McBratney AB y Voltz (ed) *Developments in Soil Science*, volume 31 Chapter 9 Elsevier BV.
- Dobos E, Michelli E, Baumgardner MF, Biehl L, Helt T (2000). Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. *Geoderma* 97:376-391.

- Dobos E, Hengl T (2009). Soil mapping applications. In: T. Hengl y H. Reuter (Eds.), Geomorphometry. Concepts, Software, Applications. Amsterdam Oxford: Elsevier, pp 461-479.
- Domingo Santos JM (2002). Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Dominguez Garcia Tejero F (1997). Topografía abreviada (12ª ed). Editorial Mundiprensa, España.
- Etchevehere PH (1976). Normas de reconocimiento de suelos. INTA-CIRN, Pub n° 152 2da ed. Buenos Aires.
- Fallas J (2003). Sistemas Integrados de Información Geográfica Conceptos Básicos de Cartografía. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre y Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredi. Costa Rica. jfallas@racsa.co.cr www.una.ac.cr/ambi/telesig/index.htm.
- FAO (1974). Soil survey in irrigated areas. Soil Bulletin N° 42, Roma, pp 207.
- FAO (2015). World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World soil resources reports 106. Roma.
- Farr T, Rosen P, Caro E, Crippen R, Duren R, Hensley S, Kobrick M, Paller M, Rodriguez E, Roth L, Seal D, Shaffer S, Shimada J, Umland J, Werner M, Oskin M, Burbank D, Alsdorf D (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. Rev. Geophys. 45:21- 22.
- Farr TG, Rosen PA, Caro E, Crippen R, Duren R, Hensley S, Kobrick M, Paller M, Rodriguez E, Roth L, Seal D, Shaffer S, Shimada J, Umland J, Werner M, Oskin M, Burbank D, Alsdorf D (2007). The Shuttle Radar Topography Mission American Geophysical Union. Reviews of Geophysics 45: 1-33.
- Farshad A (2010). Geopedology. An introduction to soil survey, with emphasis on profile description (CD-ROM). Enschede, The Netherlands: Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente
- Felicísimo AM (1994). Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en ciencias ambientales 118 pp. <http://www.etsimo.uniovi.es/feli/pdf/libromdt.pdf>.
- Felicísimo AM (1999). La utilización de los MDT en los estudios del medio físico, 16 pp. http://www.etsimo.uniovi.es/feli/pdf/ITGE_150a.pdf.

- Fucks E, Deschamps CM (2008). Depósitos continentales cuaternarios en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Asoc. Geol.Argent.v.63 n3 Buenos Aires *versión* [online]. 2008, vol.63, n.3, pp. 326-343.
- Gachene C (2006).El Futuro de la ciencia del suelo. En: Hartemink AE (ed) El futuro de la Ciencia del Suelo. International Union of SoilScience. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 49-50.
- Garcia Mora TJ, Mas JF (2008). Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. Invest. Geof N 67, pp. 7-19.
- García Rodríguez MP, Muñoz León MC (1998). Utilización de la teledetección y sistemas de información geográfica en la cartografía de suelos. Edafología 4: 95-106.
- García Rodríguez MP, Pérez González ME (2010). Aplicaciones de la Teledetección en Geografía Física en la Universidad Complutense de Madrid. Serie Geográfica 16: 9-18.
- García Rodríguez MP, Pérez González ME (2010). Cartografía Mediante Imágenes Landsat de Suelos Salinos en La Tierra de Medina (Valladolid). Estudios Geográficos Vol. LXXI, 268, pp. 161-176.
- Garmin Co (1998). GPS glossary, <http://www.garmin.com/gpsGlosary.html>
- Gil Docampo ML, Armesto González J, Rego Sanmartín T (2002). El realce radiométrico de la fusión de imágenes Landsat-TM y Spot-P para la creación de mapas en color real. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Universidad de Santiago, Lugo.
- Golden M (2008). Modernizing the Soil Survey of the United States. South NCSS Conference Gainesville, Florida July 15, 2008.
- Golden M (2013). Update on National Cooperative Soil Survey Accomplishments. National Cooperative Soil Survey Conference, Annapolis, Maryland June 17, 2013.
- Goosen (1961). A study of Geomorphology & Soils in the Middle Magdalena Valley, Colombia. Publ. Int. Training Centre Aer.Surv.Se. B. 9, Vol 1, pp 24.
- Goosen D (1962). Blockdiagrams, Delf, ITC. Techn.Pub.3.
- Goosen, D. (1966). The classification of landscapes as the basis for soil Survey.Symp. Comm. VII, Int. Soc. Photogr., Paris.
- Goosen D (1967). Aerial photo interpretation in soil survey. Soils Bull 6 FAO, Rome.

- Grunwald S (2006). Environmental soil-landscape modeling: geographic information technologies and pedometrics. Boca Raton FL: CRC/Taylor & Francis.
- Grunwald S, Ramasundaram V, Comerford NB, Bliss CM (2007). Are current scientific visualization and virtual reality techniques capable to represent real soil-landscapes? En: Lagacherie P, McBratney AB, y Voltz. M (ed) (2007) Development in Soil Science, volume 31. Elsevier.
- Lagacherie P, McBratney (2007). Spatial Soil Information Systems and Spatial Soil Inference Systems: Perspectives for Digital Soil Mapping. En Lagacherie P, McBratney AB, Voltz M (eds) (2007) Developments in Soil Science, volume 31, Elsevier B.V.
- López Cuervo S (1980). Fotogrametría. Ed. Egraf, Madrid pp 367.
- Guth PL (2006). Geomorphometry from SRTM: Comparison to NED: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 72 (3): 269-277.
- Hanuschak GA, Hart GF, Starbuck RR, Sigmar RS (1977). Crop Reporting by Satellite, USDA.
- Hart GF, Cook PW, Wigton WH (1981). Application of remote sensing for rice: United States Experience, USDA.
- Hartemink AE, Minasny B (2014). Towards digital soil morphometrics. Geoderma 230-231: 305-317.
- Hartmann C (2006). El Futuro de la ciencia del suelo. En: Hartemink AE (ed) El futuro de la Ciencia del Suelo. International Union of Soil Science. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 57-59.
- Hengl T (2000). Improving soil survey methodology. Using advanced mapping techniques and grid-based modelling. Case study- Branjna, Croatia. Thesis submitted ITC for MSc degree en Enschede.
- Hengl T (2003). Pedometric mapping. Bridging the gaps between conventional and pedometric approaches. ITC Dissertation 101. Enschede, The Netherlands.
- Hengl T, Rossiter (2003). Hengl, T. and D. Rossiter. 2003. Supervised landform classification to enhance and replace photo-inter- 411 pretation in semi-detailed soil survey. Soil Science Society of America Journal 67(6):1810-1822
- Hengl, T, MacMillan RA (2009). Geomorphometry: a key to landscape mapping and modelling. En T. Hengl & H. I. Reuter (Eds.), Geomorphometry: concepts, software, applications. Developments in Soil Science 33, 433-460.

- Hernández R, Echavarría L (2009). Faja legada y corrida subandina del noroeste argentino: estratigrafía, geometría y cronología de la deformación. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* v. 65 n. 1 Buenos Aires.
- Heuvelink GBM, Webster R (2001). Modelling soil variation: past, present, and future. *Geoderma* 100: 269-301
- Hole FD, Campbell J B (1985). Soil landscape analysis. Totowa, NJ: Rowman & Allanheld.
- Ibañez JJ, Boixadera J (2002). The search for a new paradigm in pedology: a driving force for new approaches to soil classification. En: Micheli E, Nachtergaele F, Jones RJA y Montanarella L. (ed). *Soil Classification 2001*, (pp. 93-110), EU JRC, Hungarian Soil. Sci. Soc., FAO, pp 248. EU, Italy.
- Ibañez JJ, Bockheim J (2013). *Pedodiversity* CRC Pres Taylor & Francis Group A Science Publishers Book
- Ibañez JJ (2013). El Futuro de la Pedología o Una Nueva Edafología. Conference: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, At Florianópolis, Brasil (8 de Julio-2 de Agosto 2013), Volume: Book of Abstracts
- IGN (2000). Nuestras Actividades/Produccion Cartografica. <http://www.ign.gob.ar/>
- Indorante SJ (1986). A pedological tale. *Soil Survey Horizons* 27:28-29.
- Indorante SJ (1992). A pedological tale II. *Soil Survey Horizons* 33:91-96.
- Indorante SJ, McLeese RL, Hammer RD, Thompson BW, Alexander D (1996). Positioning soil survey for the 21st century. *J. Soil Water Cons.* 51:21-28.
- Indorante SJ (2011). The art and science of soil-landscape block diagrams: Examples of one picture being worth more than 1000 words. *Soil Survey Horizons* 52:89-93.
- INPE-CBERS (2008). [http:// www.cbbers.inpe.br](http://www.cbbers.inpe.br).
- INTA (1990). Atlas de suelos de la República Argentina. Tomo I y II. Proyecto SAG-INTA PNUD Argentina 85/010.
- INTA-SAGPyA (2009). Agrometeorología Santiago del Estero. santiago.inta.gov.ar/meteo/
- Iriondo M (1987). Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe. 54 páginas.
- Iriondo M (1999). El Cuaternario del Chaco y Litoral. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Geología Argentina, Anales 29 (23): 696-699.

- Iriondo M (2010). Geología del Cuaternario en Argentina. 359 páginas. (GEC South América) (NGO).
- Jarvis A, Rubiano J, Nelson A, Farrow A, Mulligan M. (2004). Practical use of SRBM data in the tropics - Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. Working Document no. pp 198, 32. CIAT, Cali, Colombia.
- Jenny H (1941). Factors of soil formation. McGraw-Hill Book Company, New York, NY, pp 281.
- Jhorar RK, Rossiter W, Siderius W, Feddes RH (2003). Calibration of effective soil hydraulic parameters of heterogeneous soil profiles. J of Hydrology 28:233-247.
- Joly F (1976). La cartographie. París, Presses Universitaires de France. Traducción castellana (1988): La cartografía. Vilassar de Mar, Oikos-Tau, col. ¿Qué sé?, núm. 162. Ed. Ariel Seix y Barral Hnos, Barcelona.
- Juilleret J, Iffly JF, Hoffmann L, Hissler C (2012). The potential of soil survey as a tool for surface geological mapping: a case study in a hydrological experimental catchment. (Huewelerbach, Grand-Duchy of Luxembourg) Geologica Belgica 15/1-2: 36-41.
- Kerry R, Oliver M (2011). Soil geomorphology: identifying relations between the scale of spatial variation and soil processes using the variogram. In: Warke P & McKinley JM (eds) Special Issue on Scale. Geomorphology 130: 40-54.
- Klingebiel AA, Montgomery PH (1961). Land Capability Classification, Agriculture Handbook No. 210 Washington, DC: Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture.
- Konecny G (1986). First results of the European spacelab photogrammetric camera mission. En: Szekiolda KH (ed) Satellite Remote Sensing for Resource Development. Graham & Trotman Ltd. London.
- Krol B, Rossiter DG, Siderius W (2007). Ontology-based multi-source data integration for digital soil mapping. En: Lagacherie P, McBratney AB, Voltz M (ed) Digital soil mapping. An introductory perspective. Developments in Soil Science vol 31:119-133.
- Kubiëna WL (1952). Claves sistemáticas de suelos. Traducción al español por Hoyos de Castro A Facultad de Farmacia Universidad de Granada. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid España.
- Kuhn TS (1962). La estructura de las revoluciones científicas. Título original: The structure of scientific revolutions 1962, University of Chicago Press. Traducción de Contin A Fondo de Cultura Económica. México.

- Lagacherie P, McBratney AB (2007). Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. En: Lagacherie P, McBratney AB y Voltz M (ed) Digital soil mapping: An introductory perspective. Development in Soil Science- Vol 31. Elsevier Amsterdam, Boston.
- Lillesand TM y Kiefer RW (1994). Remote Sensing and Image Interpretation. 3er Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Lobeck AK (1939). Geomorphology, McGraw-Hill Book Co. New York – London.
- Lopez Cuervo S (1980). Fotogrametría. Ed. El Autor, Madrid.
- Macías Vazquez F (1980). Memoria sobre concepto, método y fuentes de Edafología. Universidad de Santiago, España.
- Manchanda MI, Kudrat M y Tiwari AK (2002). Soilsurvey and mapping using remotesensing. Tropical Ecology 43(1):61-74.
- Mancilla JO (2014). La noción de inconmensurabilidad en Thomas S Kuhm Martín A (1994) Hidrogeología del abanico aluvial del Río Dulce en las ciudades de Santiago del Estero y La Banda XXIV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sanitaria. AIDIS. Tomo II Diagua 44:22. Buenos Aires, Argentina.
- Martín AP (1994). Hidrogeología del Abanico Aluvial del Río Dulce en las Ciudades de Santiago del Estero y La Banda”. XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria. A.I.D.I.S. Tomo II - Diagua N°44: 22 - Buenos Aires - Argentina.
- Martín AP (1999). Hidrogeología de la Provincia de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán.
- Martín de Agar Valverde MP (1984). Ecología y planeamiento territorial: Metodología y Estudio de Caso en la Región Murciana. Secretariado de Publicaciones, Universidad de Murcia. España.
- Matarredona CollE (1985). Aplicación de la fotografía aérea en la cartografía de suelos. Universidad de Alicante. Instituto Universitario de Geografía. Investigaciones geográficas 3: 7-30.
- McBratney AB, de Gruijter JJ, Brus DJ (1992). Spatial prediction and mapping of continuous soil clases. Geoderma 54: 39-64.
- McBratney AB, Mendonça Santos ML y Minasny B (2003). On digital soil mapping. Geoderma 117:3-52
- McKenzie N (2006). Visión de un pedólogo sobre el futuro de la ciencia del suelo. En: Hartemink AE (ed) El fututo de la Ciencia del Suelo. International Union of

- SoilScience. Traducción de: Segura Castruita MA, Armendáriz Borunda G y Fortis Hernández Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo pp 89-91.
- McRae CP, Burnham SG (1981). Land evaluation. Clarendon Press, Oxford.
- Metternicht GI, Zinck JA (2003). Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment* 85:1-20.
- Moonjun, R., Farshad, A., Shrestha, D.P. and Vaiphasa, C. (2010). Artificial Neural Network and Decision Tree in Predictive Soil Mapping of Hoi NumRin Sub-Watershed, Thailand. In: Boettinger, J.L., Howell, D.W., Moore, A.C., Hartemink, A.E. and Kienast-Brown, S., Eds., *Digital Soil Mapping*, Springer Science + Business Media B.V., New York, 151-164.
- Moore CA, Hoffmann GA, Glenn NF (2007). Quantifying basalt rock outcrops in NRCS soil map units using Landsat-5 Data. *SSSA Madison SoilSurvHoriz* 48:59-62.
- Morello J, Pengue W, Rodríguez A (2006). Etapas de uso de los recursos naturales y desmantelamiento de la biota del Chaco. En: Brown A, Martinez Ortiz U, Acerbi M, Corcuera J (ed) *La situación ambiental argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, pp 83-90.
- Moretti LM, Rodriguez M, Angelini A, Morras HJ (2012). Génesis de suelos en un sector del piedemonte aluvial del Chaco Salteño. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 30 (2): 161-172.
- Moscatelli G, Pazos MS (2008). Los Suelos de Argentina y su Geografía. <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/04/17/89382>.
- Mulder VL, de Bruin S, Schaepman ME, Mayr TR (2011). The use of remote sensing in soil and terrain mapping. *Geoderma* 162(1-2):1-19.
- NASA (2005). Shuttle Radar Topography Mission: Instruments, Interferometry explained. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instrumentinterferometry.html> (Version 06 August 2008).
- NASA-USGS (1915). Landsat Mission URL <http://landsat.usgs.gov>.
- Nielsen J (2000). *Designing Web Usability*. Indianapolis, IN: New Riders.
- Nielsen DR, Tillotson PM, Vieira SR (1983). Analyzing field-measure soil-water properties. *Agricultural Water Management* 6:93-109.
- Odeh IOA, McBratney AB, Chittleborough DJ (1994). Spatial prediction of soil properties from landform attributes derived from a digital elevation model, *Geoderma* 63: 197-215.

- Oldeman LR (1993). Issues of Development and Management of Databases. ISNAR/ICASA workshop on "Oportunities for use of systems research methods in agriculture in developing countries" 22-24 November 1993, The Hague, the Netherlands.
- Ortiz A, Cuanalo de la Cerda E (1981). Introducción a los levantamientos de suelo. Colegio de postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México.
- Osorio Mancilla J (2014). La Noción de Inconmensurabilidad en Thomas S. Kuhm. Monografía, Universidad de Granada.
- Peña Zubiarte C, Salazar Lea Plaza J (1978). Carta de suelos de los Departamentos Belgrano y General. Taboada. Convenio CESE – INTA – Provincia de Santiago del Estero.
- PERD (1981). Recursos Naturales: Suelos. Introducción Gral. Parte 1. Santiago del Estero, Argentina.
- PERD (1982). Geomorfología del área del bañado de Río Dulce, Santiago del Estero. Argentina.
- Peri VG, Rosello EA (2010). Anomalías morfoestructurales del drenaje del Río Salado sobre las Lomadas de Otumpa (Santiago del Estero y Chaco) detectadas por procesamiento digital. Revista de la Asociación Geológica Argentina 66(4):634-645.
- Pinilla C (1995) Elementos de Teledetección. Ed. Rama. Madrid. pp313.
- Porta J, López Acevedo M, Roquero C (1994). Usos y aplicaciones de los mapas de suelo. En: Porta J, López Acevedo M, Roquero C (ed) Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Mundi Prensa. Madrid pp 551-587.
- Porta J, Villanueva D (2012) Formación de neologismos en Ciencia del Suelo. Spanish Journal of Soil Science Volume 2 (2): 91-103.
- Powell JC, Springer ME (1965). Composition and precisión of classification of several mapping units of the Appling, Cecil and Lloyd series in Walton County, Georgia.
- Prieto D, Angella G (1994). Validación del modelo BAHIRES para la programación de riego de algodón en las condiciones de Santiago del Estero. Actas XV Congreso Nacional del Agua. La Plata, Argentina.
- Prieto D, Angueira C, Angella G (2000). La salinidad ¿causa o consecuencia de la baja sustentabilidad en el Proyecto del Río Dulce? Memorias del XVI Congreso Nacional del Agua, Termas de Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina.

- Prieto D, Angella G, Angueira C, van Meer H, López J, Barraza G (2006). Mapas de riesgo agroclimático para Santiago del Estero, Argentina. En: Angueira C, Prieto D, López J y Barraza G (2007) Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero (SigSE 2.0) CDRom. INTA EEA Santiago del Estero.
- Prieto D, Bianchi A, Acuña L, Nieva R, Pedraza R, Angella G, Elena H, van Meer H, Tolaba F (2006). Sistema de Procesamiento de Datos Agrometeorológicos del NOA (ProDaAgro v.1.0) INTA EEA Santiago del Estero. En: Angueira C, Prieto D, López J y Barraza G (2007) Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero (SigSE 2.0) CD Rom. INTA EEA Santiago del Estero.
- Prieto D (2006). Modernization and the Evolution of Irrigation Practices in the Rio Dulce Irrigation Project. Una tarea de todos. Tesis Doctoral. Universidad de Wageningen, Holanda. ISBN 90-8504-545-2. Wageningen, Holanda
- Ramspger B (1992). Alteraciones de la condición del suelo debidas a un cambio en el uso agrícola Caso Particular: Regosoles en el Chaco Seco, Argentina. Stuttgart, Alemania.
- Richter J (1987). The Soil as Reactor. Catena. Cremlingen, Germany, pp192.
- Rober Masson JM (2007). Producing dynamic cartographic sketches of soils by contextual image processing. In order to improve efficiency of pedological survey. En: Lagacherie P, Mc Bratney AB y Voltz M (2007) Digital soil mapping: introductory perspective. Elsevier Amsterdam, Boston.
- Robinson AH (1987). Elementos de Cartografía. Editorial Omega, pp 544.
- Rodriguez E, Morris CS, Belz JE (2006). A Global Assessment of the SRTM Performance: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 72 (3): 249 - 260.
- Rodriguez Esteban JA (1999). La nueva Cartografía. En: Didáctica Geográfica, n° 3, pp 155-170.
- Rosell RA, Gasparoni JC, Galantini JA (2001). Soil organic matter evaluation. En: R Lal; J Kimble; R Follett & B Stewart (eds). Assessment Methods for Soil Carbon. Lewis Publishers, USA, pp. 311-322.
- Rossiter DG (1998). Methodology for soil resource inventories. ITC, Enschede, pp 110 Lecture notes.
- Rossiter, DG, van Wambeke AR (1991). Automated Land Evaluation System Version 3 User's Manual. Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences, Cornell University, Ithaca, NY.

- Rossiter DG, van Wambeke AR (1997). Automated land evaluation system (ALES version 4.65 User's Manual. Cornell University, Ithaca, NY USA.
- Rossiter, DG (2004). Digital soil resource inventories: status and prospects. *Soil Use & Management* 20: 296-301.
- Rossiter DG, Hengl T (2002). Technical note: Creating geometrically-correct photointerpretations, photomosaics, and base maps for a project GIS. Tech. rept. ITC, Soil Science Division
- Ruhe RV, Walker PW (1968). Hillslope models and soil formation: I. Open systems. En: Holmes JW (ed) *Transactions of the 9th International Congress of Soil Science* 4: 551-560.
- Ruhe RV (1956). Geomorphic surfaces and the nature of soils. *Soil Sci.* 82: 441-455.
- Saldaña A, Stein A, Zinck JA (1998). Spatial variability of soil properties at different scales in the terraces of the Henares river. *Catena* 33: 139-153.
- Saldaña A, Ibáñez JJ, Zinck JA (2011). Soilscape analysis at different scales using pattern indices in the Jarama-Henares interfluvium and Henares River valley, Central Spain. *Geomorphology* 135: 184-193.
- Šarapatka B, Netopi P (2010). Erosion processes on intensively farmed land in the Czech Republic: comparison of alternative research methods. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane.
- Sayago JM (1982). Interpretability of Landsat images for physiography and soil mapping in the sub-humid region of the Northeast of Argentina. *Proc International Symposium on Remote Sensing of Environment, Buenos Aires*, pp 977-987.
- Sayago JM (1995). The Argentine neotropical loess: an overview. *Quaternary Science Reviews* 14:755-766.
- Schmidt J, Hewitt A (2004). Fuzzy land element classification from DTMs based on geometry and terrain position. *Geoderma* 121: 243-256.
- Serra P, Zabala A, Pesquer L, Pons X (2005) *Innovación en Cartografía y Fotointerpretación digital: retos y resultados*. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Scull P, Franklin J, O.A. Chadwick OA, McArthur D (2003) Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography* 27, (2), 171-197.
- Sebastián A, Torrella SA, Adámoli J (2006) Situación ambiental de la ecorregión del Chaco Seco. En: Brown A, Martínez Ortiz U, Acerbi M, Corcuera J (ed) *La situación ambiental argentina*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, p 75-82.

- Shepande C (2010) Development of geospatial analysis tools for inventory and mapping of soils of the Chongwe Region of Zambia. PhD dissertation, Minnesota University USA.
- Sitter LU (1937) Construtive van isometrische block diagrammens.
- Skidmore AK, Watford F, Luckanarug P, Ryan PJ (1996) An operational GIS expert system for mapping forest soils. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62, 501–511.
- Sobral R, Nakama V (1988) Indices de productividad (IP). Método paramétrico para la evaluación de tierras. XII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Corrientes. 1988.
- Sombroek WG (1983) The merits of Small-Scale Mapping of Soil Resources. Reprinted from ISM Annual Report 1982. International Soil Museum, Wageningen, The Netherlands
- Sombroek WG y van de Weg RF (1980) Some considerations on quality and readability of soil maps and their legends. Department of Physical Geography and Soil Science, University of Amsterdam. ISM Annual Report.
- Sposito G (1989) *The Chemistry of Soils*. New York, Oxford: Oxford University Press, xiii 277 pp.
- Taramelli A (2001) Detecting Landforms Using Quantitative Radar Roughness Characterization and Spectral Mixing Analysis. En: Murgante B, Borruso G, Lapucci A (eds) *Geocomputation Sustainability Environmental Planning*. Studies in Computational Intelligence 348, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Tempfli K, Kerle N, Huurneman GC, Lucas F y Jansen LF (2009) *Principles of Remote Sensing*. ISBN 978-90-6164-270-1, ITC, Enschede, The Netherlands
- Tou JT, González RC (1974) *Pattern Recognition Principles*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.
- USDA (1951) *Soil Survey Manual*. Soil Survey Staff. Agriculture Handbook 18.
- USDA (1975) *Soil Taxonomy*. A basic system of soil classification for making an interpreting soil survey. Soil conservation Service. Soil Survey Staff. Agriculture Handbook N° 436, Washington DC.
- USDA (1981) *Soil Taxonomy*. A basis system of soil classification for making, interpreting soil survey. Washington.
- USDA (1993) *Soil survey manual*. US Department of Agriculture Handbook 18. Washington DC: US Gov Printing Office.

- USDA (1999). Soil Taxonomy. US Department of Agriculture Handbook 436. Washington DC: US Gov Printing Office.
- USDA (2002). Field Book for describing and sampling soils. V2.0. National Soil Survey Center.
- USDA (2010). Keys to Soil Taxonomy, 11th edn. USDA-NRCS, Washington DC.
- vanEngelen VWP (1994). Manual del curso de entrenamiento LASOTER SIG 25-29 April 1994 INTA-CIRN Castelar, Argentina. Traducción Peters. ISRIC, Wageningen.
- vanMeirvenne M (2014). What if we consider soil to be random? Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-1780-1, 2014. EGU General Assembly 2014.
- vanWambeke A (1972). Calculated Soil Moisture and Temperature Regimes of South America. Soil Management Support Service. Soil Conservation Service USDA.
- vanWambeke A, Scoppa CO (1975). Los regímenes hídricos y térmicos de los suelos argentinos calculados sobre la base de los registros climáticos, I.D.I.A, Suplemento 33: 388-401.
- Vargas Gil JR (1988). Chaco Sudamericano. Regiones Naturales en X Reunión Grupo Técnico Regional en Forrajas. FAO, Córdoba.
- Vargas Gil JR (1990). Santiago del Estero. Atlas de la República Argentina. Tomo II. Proyecto PNUD ARG- 85/019.
- Vázquez Moure F y Martín López J (1989). Lectura de mapas. Madrid: Instituto Geográfico Nacional. España.
- Ventura SJ, Irvin BJ (2000). Automatec Landform Classification Methods for Soil-landscape Studies. En Wilson JP, Gallant JC (ed) Terrain Analysis: Principles and Applications, 267-294. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Vink AP (1963). Planning of soil survey in land development. Wageningen. Inst. Land. Reclam. And Improvement, pub. N° 10. 55 p.
- Vink AP (1968). Aerial photographs and the soil sciences. Natural Resources Res. 6: 81-141.
- Vink AP (1967). Physiographic systems in soil surveys, en: Annales de Edafología y Agrobiología 26: 159-169.
- Vink AP (1986). Soil Survey and Landscape Ecological Survey. Reprinted from Annual Reports 1985. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, Holanda

- Voltz M, Lagacherie P, Louchart X (1997). Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area. *European Journal of Soil Science* 48: 19-30.
- Wageningen University (1982). Drawing Blockdiagrams MSc Course in Soil Science and Water Management. Holanda.
- Walter C, Lagacherie P, Follain S (2007). Integrating pedological knowledge into digital soil mapping. En: Lagacherie P, McBratney AB, Voltz M (ed) *Digital soil mapping. An introductory perspective. Developments in Soil Science* 31: 281-300.
- Webster R (1960). Fundamental objections to the 7th Approximation. *J. Soil Sci.* 19: 54-366.
- Webster R (1985). Quantitative spatial analysis of soil in the field. En: Stewart BA (ed) *Advances in Soil Science* 3: 1-70.
- Webster R y Olivier MA (1990). *Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey*. Oxford Uni. Press, Oxford.
- Webster R (1994). The development of Pedometrics. *Geoderma* 62: 1-15.
- Wilding LP, Jones RB, Schafer GW (1965). Variation of soil morphological properties within Miami, Celina and Crosby mapping units in West-central Ohio, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 711-717.
- Wilding LP, Dress LR (1983). Spatial Variability and Pedology. En: Wilding LP, Smeck NE, Hall GF (eds) (1983) *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and Interactions, Development in Soil Science* 11A, pp 83-113 Elsevier Amsterdam-Oxford-New York
- Woessner WW (2000). Stream and Fluvial Plain Ground Water Interactions: Rescaling Hydrogeologic Thought *Groundwater* 38 (3): 423-429.
- Yaalon D (1971). *Paleopedology: Origin, Nature and Dating of Paleosols*. Jerusalem: International Society of Soil Science and Israel Universities Press.
- Young A (1976). *Tropical soils and survey*. Cambridge University Press. Cambridge UK.
- Zinck JA (1988). *Physiography and Soils Lecture Note SOL.4.1*. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Enschede (NL), pp 156.
- Zinck JA (1994). *Soil survey: perspectives and strategies for the 21th century*. ITC Publication 21. Enschede, The Netherlands.

Zinck JA (2006). The Soil Cover. En Zinck JA (ed) Land use change and land degradation in the western Chaco. TucumanProvince, Northwest Argentina BurruyacúRegion. International Institute for Geo Information Science and Earth Observation (ITC) Instituto de Geociencias y Medio Ambiente (INGEMA) y Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Zinck JA (2012). Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales ITC Special Lecture Notes Series. ITC, Enschede, The Netherlands.

Zinck JA (2013). Geopedology. Elements of geomorphology for soil and geohazard studies. ITC Special Lectures Notes Series. ITC, Enschede, The Netherlands.

Zinck JA, Valenzuela C (1990). Soil geographic database: structure and application examples. ITC Journal 1990-3. Holanda.

Zonneveld IS (1969). Land evaluation. Inst. For Aerial Survey and Earth Sciences. ITC. Delf.

Anexo I

ANEXOS

8. ANEXO I

Previo a este estudio, se analizaron los Balances hídricos climáticos del total de las estaciones pluviométricas disponibles en el área de estudio Prieto *et al.* (2007) citadas por Angueira *et al.* (2007): 6002-Huyamampa, 6006-Clodomira, 6008-Los Naranjos, 6052-La Banda, 6023-El Simbolar, 041-Lacañada, 6051-Santiago, 7040-Fernandez, 6040-Huritu Huasi, 6026-Zanjón, 6039-Suncho Corral, 7034-Santa María, 7018-La María, 6024-Arraga, 7011-Brea Pozo, 7015-Garza, 6021-Villa San Martín, y 7010-Atamisqui.

Se seleccionaron cuatro de estaciones y los Balances hídricos climáticos (Prieto *et al.*, 2006) representativos de distintas zonas situadas desde el norte al sur, que corresponde a La Aurora, Fernández, Villa San Martín -Loreto y Brea Pozo. En las Tablas 7.1-7.4 se consignan los valores promedios de la Precipitación Media Mensual para las Estaciones Pluviométricas de La Aurora (Depto. La Banda), Fernandez (Depto. Robles), San Martín – Loreto (Depto. San Martín) y Brea Pozo (Depto. San Martín).

Tabla 7.1 Precipitación Media Mensual del Período 1912 – 1997, de La Aurora (Depto. La Banda) Latitud 27° 50' Longitud 64° 23' Altitud 174 msn

ESTADÍSTICO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
Media (mm)	110	99	87	32	9	6	2	2	10	31	69	86	605
Mediana (mm)	84	92	63	21	3	0	0	0	0	24	54	63	594
Maximo (mm)	341	265	218	137	46	50	29	47	78	122	212	215	890
Mínimo (mm)	7	12	5	0	0	0	0	0	0	0	3	4	333
s (mm)	78	59	60	34	12	9	5	8	15	26	44	55	157
CV (%)	71	60	69	106	133	150	250	400	150	84	64	64	26

S: Desvío Estandar CV: Coeficiente de Variación

Tabla 7.2 Precipitación Media Mensual del Período 1921 – 2005, de Fernandez (Depto. Robles) Latitud 25° 92' Longitud 63° 90' Altitud 15 msn

ESTADÍSTICO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
Media (mm)	102	84	8	46	13	6	4	5	20	33	60	79	570
Mediana (mm)	97	74	63	34	8	3	0	0	5	22	55	65	549
Maximo (mm)	380	379	565	218	80	60	55	51	323	133	185	226	1004
Mínimo (mm)	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	247
s (mm)	69	66	58	44	16	10	8	9	43	31	41	53	171
CV (%)	68	79	74	96	123	167	200	180	215	94	68	67	30

S: Desvío Estandar CV: Coeficiente de Variación

CAPÍTULO VIII

Tabla 7.3 Precipitación Media Mensual del Período 1912 – 2005, de Villa San Martín - Loreto (Depto. San Martín) Latitud 28° 32' Longitud 64° 02' Altitud 137 msn

ESTADÍSTICO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
Media (mm)	86	86	82	34	13	7	5	4	11	37	53	75	538
Mediana (mm)	76	71	86	24	6	3	0	0	2	23	48	66	503
Maximo (mm)	231	339	201	161	86	56	124	87	125	222	205	276	1108
Mínimo (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110
s (mm)	57	65	52	36	17	10	15	11	20	38	44	58	248
CV (%)	66	76	63	106	131	143	300	275	182	103	83	77	46

S: Desvío Estandar CV: Coeficiente de Variación

Tabla 7.4 Precipitación Media Mensual del Período 1932 – 1991, 1993 – 2004, de Brea Pozo (Depto. San Martín) Latitud 28° 25' Longitud 63° 95' Altitud 139 msn

ESTADÍSTICO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
Media (mm)	87	82	87	37	10	5	2	4	12	32	52	70	533
Mediana (mm)	86	62	76	26	4	0	0	0	3	26	43	54	527
Maximo (mm)	215	349	335	194	65	77	34	48	85	127	289	259	878
Mínimo (60	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289
s (mm)	52	71	60	38	14	10	5	8	18	28	45	55	174
CV (%)	60	87	69	103	140	200	250	200	150	88	87	79	33

S: Desvío Estandar CV: Coeficiente de Variación

Para el balance hídrico climático de dichas estaciones se utilizó Evapotranspiración Potencial de acuerdo al cálculo de la Evapotranspiración de referencia mediante la fórmula de Hargreaves ajustada a las condiciones locales por Prieto *et al.* (2006) y se utilizó la Precipitación Total. El Balance Hídrico arroja un déficit hídrico mayor en los meses de agosto a febrero, caracterizado por el déficit de agua y la ausencia de excesos. En las Figura 7.1-7.4 se aprecia el distanciamiento entre la curva de aportes y demandas, caracterizado por el déficit de agua y la ausencia de excesos.

Se debe considerar que para el cálculo se utilizan valores promedios, por lo que existen períodos en los que las precipitaciones difieren bastante de estos valores medios. Para realizar mejores diagnósticos, inferencias y toma de decisiones, sería conveniente realizar balances hídricos anuales generándose la serie de deficit hídricos anuales sobre las que se realice el estudio de probabilidad de ocurrencia, riesgo agroclimático o necesidades de riego.

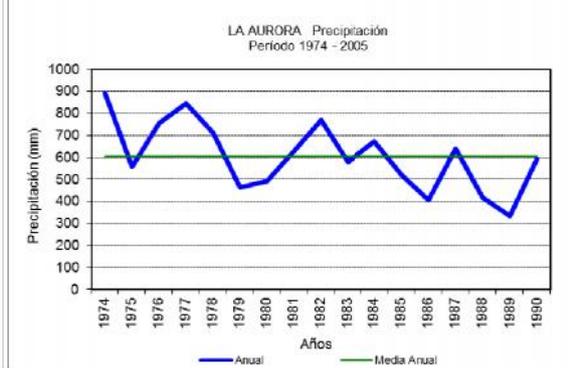
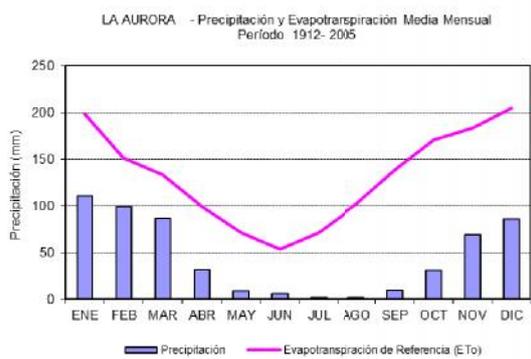


Fig. 7.1 Evapotranspiración y Precipitación media mensual, Período 1912-1997, La Aurora (Depto. La Banda) Latitud 27° 50', Longitud 64° 23', Altitud 174 msn, y Variación interanual

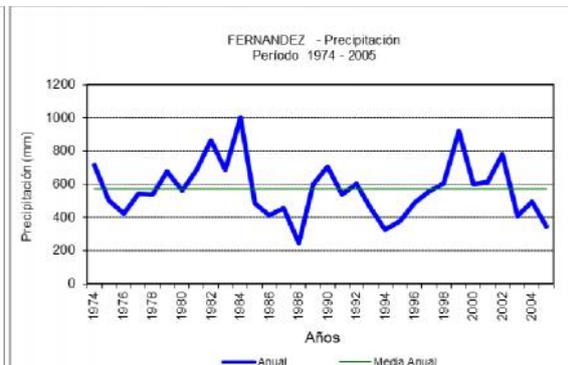
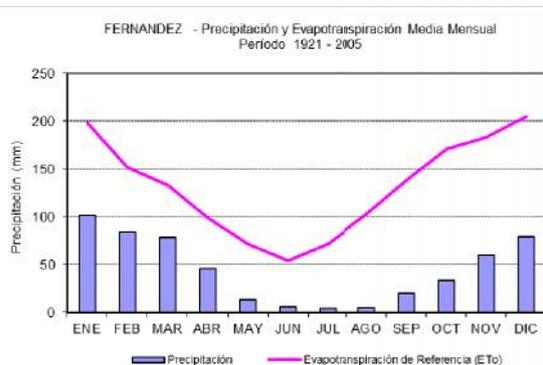


Fig. 7.2 Evapotranspiración y Precipitación Media Mensual Período 1921-2005, Fernandez (Depto. Robles) Latitud 25° 92', Longitud 63° 90', Altitud 15 msn, y Variación interanual

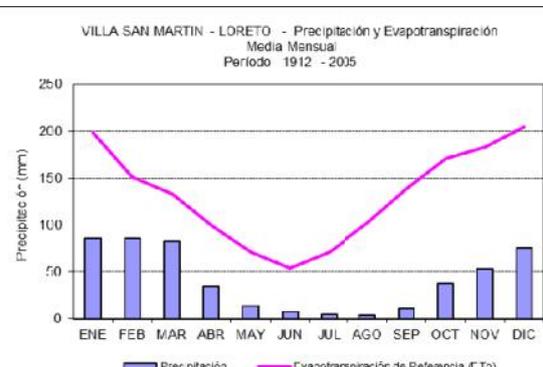


Fig. 7.3 Evapotranspiración y Precipitación Media Mensual Período 1912-2005, Villa San Martín Loreto (Depto. San Martín) Latitud 28° 32', Longitud 64° 02', Altitud 137 msn y Variación interanual

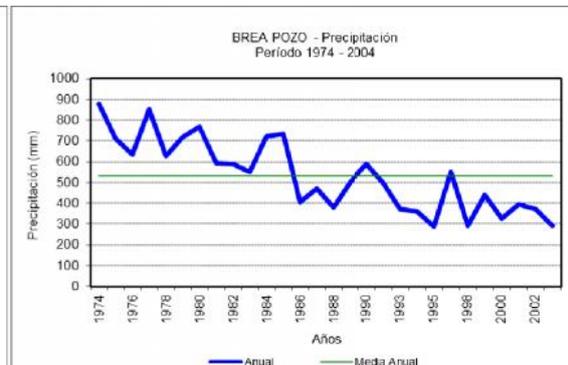
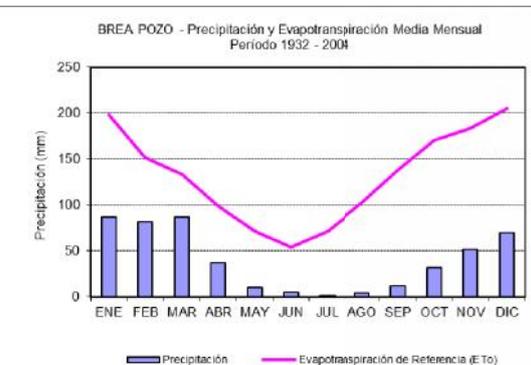


Fig. 7.4 Evapotranspiración y Precipitación Media Mensual Período 1932-1991, 1993-2004, Brea Pozo (Depto. San Martín) Latitud 28° 25', Longitud 63° 95', Altitud 139 msn, y Variación interanual

Anexo II

ANEXOS

8.ANEXO II

En este anexo se recoge la descripción de cada perfil de suelo, donde se indican en primer lugar, la secuencia de horizontes que lo caracteriza, las propiedades internas y algunas características externas del suelo, la posición que ocupa en el paisaje y entre otras condiciones su drenaje natural. Además de los rasgos distintivos se clasificaron taxonómicamente como subgrupos. Cada perfil se ha designado con un código y con el nombre de algún lugar importante del área donde el suelo respectivo se encuentra mejor representado o donde fue primeramente estudiado. Se han realizado 76 perfiles distribuidos entre las distintas unidades cartográficas paisaje-modelado-geoforma.

PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE) – MEGA ABANICO PROXIMAL – COBERTURA DE LOESS – 1P

PERFIL: VG92 El Hacha EHa

El suelo El Hacha se caracteriza por la siguiente secuencia de horizontes: A1, AC, C. El A1 corresponde a un epipedón mólico pardo rojizo oscuro y el AC a un horizonte cámbico poco estructurado. Son suelos desarrollados sobre materiales eólicos de textura franca limosa en todo el perfil. Se localiza en las explanadas de la llanura estabilizada chaqueña y en llanuras anegables de bañados y en bajos tendidos. Su aptitud natural es ganadera limitada por condiciones de aridez. Con riego son excelentes suelos agrícolas. Se clasifican como Haplustoles arídicos y se ubica en la unidad cartográfica 1P.

Tabla 8.1 Información general del suelo. Perfil VG92 El Hacha EHa

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 92	Vegetación: Bosque chaqueño altura intermedia
Nombre: El Hacha	Material original: Loess
Símbolo: EHa	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 1P	Posición: Llano
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: /06/80	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Ubicación: 4 km NO de Arraga, Depto Silípica, Santiago del Estero	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Latitud: 28° 03' S	Peligro anegamiento: Sin Peligro de inundación
Longitud: 64° 16' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 183 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Ganadería de cría

Descripción del perfil de suelo El Hacha:

A1 0-18 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares medios débiles; límite claro suave.

AC 18-60 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; franco limosa; masivo; límite claro suave.

IIC 60 cm +; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; franco limosa; grano suelto; reacción moderada de carbonatos en la masa.

Tabla 8.2 Datos analíticos del suelo. Perfil VG92 El Hacha EHa

Horizonte	A1	AC	IIC
Profundidad, (cm)	0-18	18-60	60+
Arcilla, (%)	10.2	7.8	8.6
Limo, (%)	62.4	65.2	64.4
Arena, (%)	27.4	27	27
Textura	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
Materia Orgánica, (%)	1.51	1.46	0.91
Carbono Orgánico, (%)	0.88	0.85	0.53
Nitrógeno total, (%)	0.121	0.098	0.079
Relación C/N	nd	nd	Nd
Fósforo, (p.p.m)	32	25	20
Carbonato de Ca (%)	0	0	0.7
Capacidad Hídrica de Saturación, (%)	100	100	Nd
pH en pasta	7	7.6	7.56
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.484	0.415	3.115
Calcio, (meq/100 g)	11.1	13.58	Nd
Magnesio, (meq/100 g)	1.66	2.46	Nd
Sodio, (meq/100 g)	0.5	0.31	0.58
Potasio, (meq/100 g)	2.06	2.52	2.27
C.I.C, (meq/100 g)	14.75	15.6	14.8
P.S.I, (%)	3.4	1.9	Nd
Cloruro soluble, (meq/l)	nd	nd	Nd

PERFIL: VG93 Arraga Ar2

El suelo Arraga se caracteriza por la siguiente secuencia de horizontes: A1, AC, C. El A1 corresponde a un epipedón mólico pardo rojizo oscuro y el AC a un horizonte cámbico poco estructurado. Son suelos desarrollados sobre materiales eólicos de textura franca limosa en todo el perfil. Se localiza en las explanadas de la llanura estabilizada chaqueña y en llanuras anegables de bañados y en bajos tendidos. Su aptitud natural es ganadera limitada por condiciones de aridez. En áreas de riego son excelentes suelos agrícolas. Se clasifican como Haplustoles arídicos y se ubican en la unidad cartográfica 1P.

Tabla 8.3 Información general del suelo. Perfil VG93 Arraga Ar2

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 93	Vegetación: Algarrobal bajo
Nombre: Arraga	Material original: Hidroloess
Símbolo: Ar2	Relieve: Subnormal-cóncavo
Símbolo unidad cartográfica: 1P	Posición: Tendido
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Lento
Fecha: 06/80	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Latitud: 28° 00' S	Drenaje: Poco inundable
Longitud: 64° 15' O	Peligro anegamiento: Muy poco a excepcionalmente inundable
Ubicación: Campo Experimental INTA,	Distribución de Humedad: No uniforme
Depto. Capital, Santiago del Estero	Cobertura: 80 %
Altitud: 184 m	Sales o álcalis: No salino
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Uso de la tierra: Ganadería cría

Descripción del perfil de suelo Arraga:

- A₁ 0-20 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares medios débiles; muy friable; límite claro suave.
- AC 20-60 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franco limosa; masivo; muy friable; límite claro suave.
- IIC 60 cm +; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; franco limosa; grano suelto; muy friable; reacción moderada de carbonatos en la masa.

Tabla 8.4 Datos analíticos del suelo. Perfil VG93 Arraga Ar2

Horizonte	A1	AC	IIC
Profundidad, (cm)	0-20	20-60	60+
Arcilla, (%)	9	7	7
Limo, (%)	61	62	64
Arena, (%)	30	31	29
Textura	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
Materia Orgánica, (%)	1.1	0.6	0.3
Carbono Orgánico, (%)	0.64	0.35	0.18
Nitrógeno total, (%)	nd	nd	nd
Relación C/N	nd	nd	nd
Fósforo, (p.p.m)	15.1	7.4	8.7
Carbonato de Ca (%)	0	0	0.7
Capacidad Hídrica de Saturación, (%)	65	100	nd
pH en pasta	7.46	7.36	8.1
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.23	0.25	0.31
Calcio, (meq/100 g)	8.8	10.6	nd
Magnesio, (meq/100 g)	1.73	1.43	nd
Sodio, (meq/100 g)	0.23	0.28	0.65
Potasio, (meq/100 g)	1.38	1.38	1.56
C.I.C, (meq/100 g)	18.83	12.39	11.7
P.S.I, (%)	1.2	2.2	nd
Cloruro soluble, (meq/l)	nd	nd	nd

PERFIL: AC1 La María LM

El suelo La María se caracteriza por ser bien drenado. El horizonte superficial de 20 cm de espesor (Ap), es de color pardo amarillento oscuro, textura franco limosa, estructura en bloques subangulares medios débiles y bien provisto de materia orgánica.

Hacia abajo pasa a un horizonte de transición (AC), que se extiende hasta 52 cm, de color pardo oscuro, franco limoso con estructura en bloques subangulares medios débiles. El substrato (Horizonte C1ca) a partir de los 52 cm hasta los 87 cm es de color pardo amarillento oscuro, franco limoso, masivo, con material calcáreo diseminado en la masa, en profundidad aumenta el calcáreo (Horizonte C2ca). Se desarrolla sobre sedimentos eólicos de la planicie de la Bajada Distal Ancasti-El Alto. Son suelos moderadamente fértiles, bien drenados y moderadamente alcalinos en profundidad, la limitante es la baja capacidad de almacenamiento de agua y la restricción climática.

Las fases reconocidas son las siguientes: moderadamente salina, moderadamente salino sódica, subsuperficial, moderadamente salino sódica superficial, moderadamente bien drenada salino sódica subsuperficial y moderadamente bien drenada salino alcalina superficial.

Se clasifican como Haplustoles torriortenticos franca gruesa mixta hipertérmica y se ubican en la unidad cartográfica 1P.

Tabla 8.5 Información general del suelo. Perfil AC1 La María LM

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 1	Vegetación: Bosque
Nombre: La María	Material original: Eólico
Símbolo: LM	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 1P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Haplustol torriorténtico	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Lento
Fecha: 05/87	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C.	Erosión: Nula
Ubicación: INTA CE La María, Capital, SE	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Latitud: 28° 01' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 17' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 185 m	Cobertura: 40 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Ganadería

Descripción del perfil de suelo La María:

- A1 0-20 cm; pardo amarillento oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares medios débiles; ligeramente duro en seco; muy friable; no plástico; no adhesivo; abundante raíces, límite gradual suave; pH 7,4.
- AC 20-52 cm; pardo (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares medios débiles; ligeramente duro; muy friable; no plástico; no adhesivo; raíces escasas; límite gradual suave; pH 7.4.
- C1ca 52-87 cm; pardo (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limosa; masivo; ligeramente duro; muy friable; no plástico; no adhesivo; raíces escasas; pH 7.
- C2Ca + 87 cm; pardo amarillento en húmedo; franco limosa; muy friable; abundante calcáreo en la masa del suelo; pH 7.9.

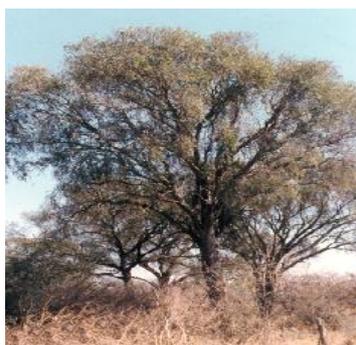


Tabla 8.6 Datos analíticos del suelo. Perfil VG92 AC1 La María LM

Horizonte	A1	AC	C1ca	C2ca
Profundidad, (cm)	0-20 cm	20-52cm	52-87 cm	+87 cm
Arena, (%)	24	28	31	34
Limo, (%)	64	62	58	60
Arcilla, (%)	12	10	11	6
Textura	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa
Capacidad Hídrica de Saturación, (%)	39	36	32	39
pH en pasta	6,3	7,2	7,8	7,9
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0,5	0,2	0,9	3,5
Carbonato de Ca (%)	0	0	0,9	1,8
Carbono Orgánico, (%)	1,39	0,7	0,31	0,67
Materia Orgánica, (%)	2,39	1,14	0,53	1,16
Nitrógeno total, (%)	0,13	0,11	0,09	0,09
Relación C/N	10	6	4	7
Fósforo, (p.p.m)	14	15	12	12
Sodio, (meq/100 g)	0,4	0,4	1,1	1,6
Potasio, (meq/100 g)	2,1	1,18	1,5	1,8
Calcio, (meq/100 g)	13,2	11,4	11,1	nd
Magnesio, (meq/100 g)	2,4	3,0	3,2	nd
C.I.C, (meq/100 g)	16,8	14,8	12,0	12,9
P.S.I, (%)	2,4	2,7	9,2	12,4
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	< 5	< 5

PERFIL: AC231 14Quebrachos

Tabla 8.7 Información general del suelo. Perfil AC231 14 Quebrachos

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 231	Vegetación: Brea, quimil, garabato, atamisqui
Nombre: Quebrachos	Material original: Eólico
Símbolo: Que	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 1P	Posición: Explanada
Clasificación taxonómica: Haplustol	Pendiente: Área Plana
torriortentico franco limoso	Ecurrimiento: Medio
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderada
Fecha: 15/08/10	Erosión: Ligera
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Bien drenado
Ubicación: 9.2 km O Loreto, Silípica, SE	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Latitud: 28° 17' S	Dist. Humedad: No uniforme
Longitud: 64° 16' O	Cobertura: 60 %
Altitud: 145 m	Sales o álcalis: Débilmente salino ligeramente sódico
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Uso de la tierra: Ganadería

Descripción del perfil de suelo 14 Quebrachos:

- A 0-18 cm; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/3) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios moderado; blando, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; húmedo; raíces comunes; pH 6.7
- AC18-37 cm; pardo claro (7.5 YR 6/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios débil a masivo; blando, friable; no plástico, no adhesivo; fresco; raíces comunes a escasas; pH 7.3
- Cca 37 cm +; rosa (7.5 YR 7/4) en seco y pardo (7.5 YR 5/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios débiles; blando, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; fresco; raíces escasas; pH 7.7.

Tabla 8.8 Datos analíticos del suelo. Perfil AC231 14 Quebrachos

Horizonte	A	AC	C1k
Profundidad, (cm)	0-18	18-37	+ 37
Arcilla, (%)	9	7	9
Limo, (%)	64	61	59
Arena, (%)	27	32	32
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Materia Orgánica, (%)	2.28	1.40	0.77
Carbono Orgánico, (%)	1.32	0.81	0.45
Nitrógeno total, (%)	0.12	0.07	0.06
Relación C/N	11	12	8
Fósforo, (p.p.m)	77	49	21
Carbonato de Ca (%)	0	0	2.0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	38	35	34
pH en pasta	6.7	7.3	7.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.50	0.41	6.40
Calcio (meq/100 g)	7.1	8.2	nd.
Magnesio (meq/100 g)	1.7	1.4	nd.
Sodio (meq/100)	0.4	0.6	2.2
Potasio (meq/100 g)	1.18	1.16	1.35
C.I.C, (meq/100 g)	14.8	11.6	11.4
P.S.I, (%)	3	5	19
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	51

PLANICIE FLUVIO-EOLICACHAQUEÑA – MEGA ABANICO PROXIMAL – CUBETA DE DEFLACIÓN – 2P

PERFIL: VG94 Las Marías-Abra LMas

El perfil Las Marías-Abra es un suelo de escaso desarrollo en relieve cóncavo con escurrimiento muy lento, con una secuencia de horizontes A1, AC, C. El horizonte superficial es pardo rojizo oscuro, masivo, moderadamente provisto de materia orgánica, ligeramente ácido, que pasa gradualmente a un horizonte AC de escaso desarrollo. En el sustrato horizonte C muestra evidencia de hidromorfismo en forma de moteados oscuros y el carbonato se encuentra a mayor profundidad en concreciones.

Son profundos, moderadamente bien drenados, evolucionados sobre materiales franco limosos, no salinos ni sódicos. Son suelos de capacidad agrícola restringida por su limitada fertilidad y por su poca capacidad de retención de agua.

Se clasifican como Haplustoles ácuicos que se ubican en la unidad cartográfica 2P.

Tabla 8.9 Información general del suelo. Perfil VG94 Las Marías-Abra LMas

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 94	Paisaje: Planicie fluvio-eólica
Nombre: Las Marías-Abra	Vegetación: Aibal
Símbolo: LMas	Material original: Eólico
Símbolo unidad cartográfica: 2P	Relieve: Cóncavo
Clasificación taxonómica: Haplustol ácuico	Posición: Bajo
Capacidad de uso: VIC	Pendiente: Llano
Fecha: 06/80	Escurrimiento: Estancado
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Permeabilidad: Moderadamente lenta
Ubicación: 4,6 km NO Arraga, Campo Exp.	Erosión: Nula o sin erosión
La María INTA, Depto. Capital, Santiago del Estero	Drenaje: Imperfectamente drenado
Latitud: 28° 02' S	Peligro anegamiento: Poco inundable
Longitud: 64° 16' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 185 m	Cobertura: 70 %
	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Ganadería

Descripción del perfil de suelo Las Marías-Abra:

- A1 0-20 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/2) en húmedo; franco limosa; masivo laminar; límite abrupto suave.
- AC 20-70 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares gruesos; friable; moteado escaso fino y preciso; límite gradual suave.
- IIC 70 cm +; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; franco limosa; masivo; concreciones de Hierro y Manganeso; moteado escaso fino y preciso.

Tabla 8.10 Datos analíticos del suelo. Perfil VG94 Las Marías-Abra LMas

Horizonte.	A1	AC	IIC
Profundidad, (cm)	0-20	20-70	70+
Arcilla, (%)	10.2	8.2	7.8
Limo, (%)	60.4	64	64.8
Arena, (%)	29.4	27.8	27.4
Textura	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
Materia Orgánica, (%)	1.58	1.03	0.72
Carbono Orgánico, (%)	0.92	0.6	0.42
Nitrógeno total, (%)	0.086	0.075	0.058
Relación C/N	nd	nd	nd
Fósforo, (p.p.m)	34	5.4	6.8
Carbonato de Ca (%)	0	0	0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	87	100	100
pH en pasta	5.7	7.18	7.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.218	0.262	0.337
Calcio (meq/100 g)	9.43	11.6	11.5
Magnesio (meq/100 g)	1.1	1.72	1.64
Sodio (meq/100)	0.33	0.43	0.49
Potasio (meq/100 g)	1.35	1.55	1.90
C.I.C, (meq/100 g)	1.99	15.31	14.91
P.S.I, (%)	2.3	2.8	3.2
Cloruro soluble, (meq/l)	nd	nd	nd

PERFIL: VG949 Santa María Sta

El suelo Santa María se caracteriza por poseer la siguiente secuencia de horizontes: A1, AC, C. El A1 corresponde a un epipedón mólico medianamente oscuro y provisto de materia orgánica que pasa a un horizonte (AC) cámbico poco estructurado. Son suelos de textura franca arenosa en todo el perfil desarrollados sobre materiales eólicos.

Los perfiles de éste suelo se encuentran en diversos paisajes donde ocupan la situación de explanadas en la llanura estabilizada chaqueña y en llanuras anegables bañados y en bajos tendidos. Tienen amplia distribución geográfica en el Este, Norte y Oeste de la provincia. Su aptitud natural es ganadera limitada por condiciones de aridez.

Se clasifican como Haplustoles arídicos y se ubican en la unidad cartográfica 2P.

Tabla 8.11 Información general del suelo. Perfil VG92 VG949 Santa María Sta

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 949	Vegetación: cultivo con riego (avena)
Nombre: Santa María	Material original: Eólico
Símbolo: Sta	Relieve: Subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 2P	Posición: Bajo tendido
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Lento
Fecha: 01/89	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Ubicación: Santa María, Depto. Capital,	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Santiago del Estero	Peligro anegamiento: Muy poco a
Latitud: 27° 59' S	excepcionalmente inundable
Longitud: 64° 15' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 178 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Moderadamente salino
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Sta María:

- A1 0-25 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franco limosa; granular medio moderado; muy friable; límite claro suave.
- B2 25-70 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franca; bloques subangulares gruesos a masivo; barnices escasos; concreciones de carbonato de Calcio; límite claro suave.
- C 70 cm +; pardo rojizo (5 YR 4/4) en húmedo; franco arenosa; grano suelto.

Tabla 8.12 Datos analíticos del suelo. Perfil VG949 Santa María Sta

Horizonte	A1	B2	C
Profundidad, (cm)	0-25	25-70	70+
Arcilla, (%)	13	9	7
Limo, (%)	49	50	47
Arena, (%)	38	41	46
Textura	Franco limosa	Franca	Franco arenosa
Materia Orgánica, (%)	1.17	0.66	0.17
Carbono Orgánico, (%)	0.68	0.38	0.10
Nitrógeno total, (%)	0.07	0.04	0.03
Relación C/N	nd	nd	nd
Fósforo, (p.p.m)	4	2	6
Carbonato de Ca (%)	1.1	nd	nd
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	nd	nd	nd
pH en pasta	8.0	7.7	7.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	3.14	1.29	1.03
Calcio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Sodio (meq/100)	2.9	1.7	1.6
Potasio (meq/100 g)	1.99	1.34	1.34
C.I.C, (meq/100 g)	13.7	12.4	13.4
P.S.I, (%)	21	14	12
Cloruro soluble, (meq/l)	nd	nd	nd

PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA (RIO SALI-DULCE) – MEGA ABANICO DISTAL – PLANICIE INETRFLUVIAL – 3P

PERFIL: AC129 El Simbol ESi

El suelo El Simbol es un suelo oscuro, profundo, no salino y ligeramente sódico en profundidad. El horizonte superficial (A1), que se extiende hasta 22 cm es de color pardo oscuro, franco limoso, estructura en bloques subangulares medios moderados.

Pasa a un horizonte iluvial (B2t), de color pardo oscuro, textura franco limosa, con estructura en prismas simples irregulares, barnices comunes, que se extiende hasta los 53 cm de profundidad, donde aparece el horizonte de transición (B3) de color pardo oscuro, textura franco limosa, estructura en prismas simples medios moderados, con barnices comunes a escasos. A 90 cm de profundidad subyace una capa de textura franco arenosa, color pardo amarillento, masiva, con vestigios de material calcáreo libre diseminado en la masa del suelo.

Este suelo no tiene limitantes importantes a excepción de poseer cierta susceptibilidad a salinizarse subsuperficialmente por la presencia del horizonte B2t. Su drenaje natural es moderado a bueno y ocupa las partes planas y suavemente deprimidas

de la llanura fluvial, desarrollado sobre sedimentos de textura media, franco limosos, sobre capas de texturas variables. Se clasifican como Argiustoles arídicos franca fina mixta hipertérmica y constituyen la serie de suelos El Simbol (Angueira y Zamora, 2003) y se ubica en la unidad cartográfica 3P.

Tabla 8.13 Información general del suelo. Perfil AC129 El Simbol ESi

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 129	Material original: Aluvial
Nombre: El Simbol	Relieve: Normal
Símbolo: ESi	Posición: Llano
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Pendiente: Llanura
Clasificación taxonómica: Argiustol arídico	Escurrimiento: Medio
Fecha: 12/93	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 8,1 E, Est. Zanjón, Capital, SE	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 28 ° 02' S	Peligro anegamiento: Muy poco
Longitud: 65 ° 03' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 154 m	Cobertura: 70 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino
Vegetación: Rastrojos	Uso de la tierra: Ganadería

Descripción del perfil de suelo El Simbol:

- A1 0-22 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; ligeramente duro; friable; plástico; ligeramente adhesivo; abundantes raíces; límite claro suave; pH 7,0.
- Bt 22-53 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en prismas simples irregulares; ligeramente duro en seco; friable; plástico; adhesivo; escasas raíces; barnices comunes medios; límite claro y suave; pH 7,2.
- B3 53-90 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo; franco limoso; prismas simples medios moderados; ligeramente duro; friable; muy plástico; muy adhesivo; límite claro y suave; pH 7,7.
- C1 53-90 cm; pardo (7,5YR 4/4) en húmedo; franco arenoso; masivo; ligeramente duro; firme; no plástico; no adhesivo; pH 7,9.

Tabla 8.14 Datos analíticos del suelo. Perfil AC129 El Simbol ESi

Horizonte	A1	B t	B3	C1
Profundidad, (cm)	0-22	22-53	53-90	> 90
Arcilla, (%)	17	18	17	5
Limo, (%)	58	60	64	45
Arena, (%)	25	22	19	50
Textura	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco arenosa
Materia Orgánica, (%)	48	43	44	35
Carbono Orgánico, (%)	7	7,2	7,7	7,9
Nitrógeno total, (%)	0,58	0,46	0,62	0,58
Relación C/N	c.c.	0	1,3	0,5
Fósforo, (p.p.m)	1,87	1,55	0,58	0,12
Carbonato de Ca (%)	3,22	1,55	1	0,21
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	0,2	0,12	0,11	0,04
pH en pasta	9	8	5	3
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	81	31	18	18
Calcio (meq/100 g)	0,2	0,5	1,7	1,1
Magnesio (meq/100 g)	2,78	2,47	1,65	0,77
Sodio (meq/100)	nd	13,1	nd	Nd
Potasio (meq/100 g)	nd	4,7	nd	Nd
C.I.C, (meq/100 g)	22,9	19,8	23	13,9
P.S.I, (%)	1	3	7	8
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	< 5	< 5



PERFIL: AC217 Perfil Mili Mil

Tabla 8.15 Información general del suelo. Perfil AC217 Perfil Mili Mil

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 217	Vegetación: Trigo regado
Nombre: Mili	Material original: Aluvial
Símbolo: Mil	Relieve: Subnormal cóncavo
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Argiustol arídico	Pendiente: Área plana
Capacidad de uso: VIc	Esgurrimiento: Muy lento
Fecha: 19/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera a Nula
Ubicación: 12.9 km SO Fernández, Robles, SE	Drenaje: Imperfectamente drenado
Latitud: 27° 58' S	Peligro anegamiento: Muy poco inundable
Longitud: 64° 00' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 158 m	Cobertura: 40 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino moderada sodicidad
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Mili:

- A 0-19cm; pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; masivo; duro, firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; raíces escasas; limite claro suave; pH 6,7.
- B2 19-40 cm; pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios fuerte; duro, firme, plástico, adhesivo; débil calcáreo; barnices comunes; moteados débiles escasos; fresco; pH 6,9.
- B3 40-65 cm; pardo fuerte (7 5 YR 4/6) en seco y pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios moderado; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; débil calcáreo; barnices escasos; fresco; pH 7,6.
- Cca 65 cm +; pardo fuerte (7 5 YR 5/6) en seco y pardo claro (7 5 YR 6/4) en húmedo; franco limoso; bloques aplanados gruesos débil a masivo; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; moderado calcáreo; fresco; pH 7,8.

Tabla 8.16 Datos analíticos del suelo. Perfil AC217 Perfil Mili Mil

Horizonte	A	Bw	B3	C1ca
Profundidad, (cm)	0-19	19-40	40-65	+ 65
Arcilla, (%)	22	26	20	13
Limo, (%)	52	52	52	57
Arena, (%)	26	22	28	30
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Materia Orgánica, (%)	3.15	1.16	0.36	0.14
Carbono Orgánico, (%)	1.83	0.67	0.21	0.08
Nitrógeno total, (%)	0.16	0.08	0.09	0.09
Relación C/N	12	8	2	1
Fósforo, (p.p.m)	46	13	12	12
Carbonato de Ca (%)	0	0	1.5	2.4
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	44	38	31	28
pH en pasta	6.7	6.9	7.6	7.8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.34	0.66	1.16	1.47
Calcio (meq/100 g)	10.8	7.4	nd	Nd
Magnesio (meq/100 g)	3.6	4.5	nd	Nd
Sodio (meq/100)	1.5	2.1	6.0	4.9
Potasio (meq/100 g)	2.33	1.53	1.87	1.36
C.I.C, (meq/100 g)	20.2	15.8	14.0	13.4
P.S.I, (%)	7	13	43	37
Cloruro soluble, (meq/l)	1.9	< 5	0.9	1.7

PERFIL: AC256 La Florida LaF

Tabla 8.17 Información general del suelo. Perfil AC256 La Florida LaF

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 256	Material original: Eólico
Nombre: La Florida	Relieve: Normal a Subnormal
Símbolo: LaF	Posición: Pie de loma
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Pendiente: Area plana
Clasificación taxonómica: Haplustol acuico	Escurrimiento: Lento
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderada
Fecha: 22/08/10	Erosión: Ligera
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Imperfectamente drenado
Ubicación: 2,2 km N Beltran, Robles, SDE	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Aprox. 27° 48' S, 64° 03' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 172 m	Cobertura: 10 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino sódico
Vegetación: Rastrojo	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo La Florida:

- A 0-24 cm; pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios moderado; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; húmedo; raíces escasas; limite claro suave; pH 6.7
- Bw 24-50 cm; pardo claro (10 YR 6/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios moderado; ligeramente duro, friable, plástico, adhesivo; barnices escasos; húmedo; limite claro suave; pH 7.1;
- C1k 50-100 cm; gris rosado (7.5 YR 6/2) en seco y pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/2) en húmedo; franco limoso; masivo; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; calcáreo moderado; concreciones escasas; mojado; limite claro suave; pH 7.3;
- C2k 100 cm +; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro a pardo (7 5 YR 4/4) en húmedo; masivo; ligeramente duro; friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; mojado; limite claro suave; pH 7.3

Tabla 8.18 Datos analíticos del suelo. Perfil AC256 La Florida LaF

Horizonte	A	Bw	C1k	C2k
Profundidad, (cm)	0-24	24-30	50-100	+ 100
Arcilla, (%)	17	17	23	13
Limo, (%)	52	56	52	49
Arena, (%)	31	27	25	38
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso	Franco
Materia Orgánica, (%)	2.31	0.66	0.48	0.33
Carbono Orgánico, (%)	1.34	0.38	0.28	0.19
Nitrógeno total, (%)	0.14	0.04	0.04	0.03
Relación C/N	10	10	7	6
Fósforo, (p.p.m)	28	4	5	11
Carbonato de Ca (%)	0	1.1	0.9	4.8
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	45	42	47	34
pH en pasta	6.7	7.1	7.3	7.3
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.52	2.27	1.57	1.42
Calcio (meq/100 g)	11.2	nd	nd	Nd
Magnesio (meq/100 g)	2.5	nd	nd	Nd
Sodio (meq/100)	1.0	1.8	1.7	1.2
Potasio (meq/100 g)	1.74	1.45	1.33	0.91
C.I.C, (meq/100 g)	15.4	14.7	15.7	11.4
P.S.I, (%)	7	12	11	11
Cloruro soluble, (meq/l)	3.9	9.7	6.4	6.7

PERFIL: AC209 Villa Nueva ViNu

Tabla 8.19 Información general del suelo. Perfil AC209 Villa Nueva ViNu

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 209	Vegetación: Alfalfa
Nombre: Villa Nueva	Material original: Aluvial
Símbolo: ViNu	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Loma baja
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 17/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 0,7 km E Antaje, Banda, SE	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Latitud: 27° 37' S	Peligro anegamiento: Muy poco inundable
Longitud: 64° 15' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 182 m	Cobertura: 10 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Profundidad de la napa: 2 m
	Sales o álcalis: salino sódico
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Villa Nueva:

- A 0-21 cm; pardo oscuro a pardo (10 YR 4/3) en seco y pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios débil; suelto, suelto, no plástico, no adhesivo; débil calcáreo; húmedo; límite claro y suave; pH 7,7.
- AC 21-57 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco; bloques subangulares finos débil; ligeramente duro,

friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; moderado calcáreo; húmedo; pH 8,3.

C1 57-95 cm; pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) en húmedo; franco; bloques subangulares finos moderado; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; moderado calcáreo; mojado; pH 8,3.

C2 95 cm +; pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo; franco; masivo; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; fuerte calcáreo; mojado; pH 8,4.

Tabla 8.20 Datos analíticos del suelo. Perfil AC209 Villa Nueva ViNu

Horizonte	A	AC	C1	C2
Profundidad, (cm)	0-21	21-57	57-95	+ 95
Arcilla, (%)	12	11	11	13
Limo, (%)	48	48	48	38
Arena, (%)	40	41	41	49
Textura	Franco	Franco	Franco	Franco
Materia Orgánica, (%)	2.59	0.76	0.35	0.35
Carbono Orgánico, (%)	1.50	0.43	0.20	0.20
Nitrógeno total, (%)	0.14	0.04	0.02	0.02
Relación C/N	11	11	10	10
Fósforo, (p.p.m)	16	5	6	1
Carbonato de Ca (%)	1.3	1.9	1.1	7.9
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	39	28	28	28
pH en pasta	7.7	8.3	8.3	8.4
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.61	3.23	5.15	3.96
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.
Sodio (meq/100 g)	1.3	3.4	2.9	4.2
Potasio (meq/100 g)	1.85	1.78	1.58	2.50
C.I.C, (meq/100 g)	13.9	9.8	9.7	9.6
P.S.I, (%)	9	35	30	42
Cloruro soluble, (meq/l)	2.6	9.3	15.5	10.0

PERFIL: AC248 La Norteña LNo

Tabla 8.21 Información general del suelo. Perfil AC248 La Norteña LNo

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 248	Material original: Aluvial
Nombre: La Norteña	Relieve: Normal subnormal
Símbolo: LNo	Posición: Bajo
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Pendiente: Área plana
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico franco limoso	Escurrimiento: Lento
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderada
Fecha: 22/08/10	Erosión: Severa
Autor descripción: Angueira, C.	Drenaje: Bien drenado
Ubicación: 1,9 km S Beltran, Robles, SE	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
27° 51' S, 64° 03' O	Dist. Humedad: Uniforme
Altitud: 170 m	Cobertura: 20 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino no sódico
Vegetación: Rastrojo	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo La Norteña:

- A 0-16 cm; pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; franco limoso; prismas gruesos fuerte; duro, friable, no plástico, no adhesivo; fresco; fresco; raíces escasas; límite claro suave; pH 7.9.
- Bw 16-39 cm; pardo oscuro a pardo (10 YR 4/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco limoso; masiva; ligeramente duro, friable; no plástico, no adhesivo; calcáreo débil; barnices escasos; fresco; límite claro suave; pH 8.0.
- Ck 39 cm +; pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares gruesos débil; ligeramente duro; friable; calcáreo moderado; fresco; pH 8.1.

Tabla 8.22 Datos analíticos del suelo. Perfil AC248 La Norteña LNo

Horizonte	A	Bw	Ck
Profundidad, (cm)	0-16	16-39	+ 39
Arcilla, (%)	17	16	20
Limo, (%)	67	71	59
Arena, (%)	16	13	21
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Materia Orgánica, (%)	2.09	0.84	0.60
Carbono Orgánico, (%)	1.21	0.49	0.35
Nitrógeno total, (%)	0.12	0.07	0.07
Relación C/N	10	7	5
Fósforo, (p.p.m)	18	19	7
Carbonato de Ca (%)	1.2	1.6	1.9
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	47	43	40
pH en pasta	7.9	8.0	8.1
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.93	1.14	1.33
Calcio (meq/100 g)	nd	nd	Nd
Magnesio (meq/100 g)	nd	nd	Nd
Sodio (meq/100)	1.3	2.3	2.4
Potasio (meq/100 g)	1.68	1.60	1.59
C.I.C, (meq/100 g)	18.7	16.8	15.4
P.S.I, (%)	7	14	16
Cloruro soluble, (meq/l)	7.2	3.7	4.4

PERFIL: AC261 Tacoyoj Tac

Tabla 8.23 Información general del suelo. Perfil AC261 Tacoyoj Tac

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 261	Vegetación: Rastrojo
Nombre: Tacoyoj	Relieve: Subnormal cóncavo
Símbolo: Tac	Posición: Bajo
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Pendiente: Areas plana
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico franco limoso	Escurecimiento: Lento
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderado
Fecha: 23/08/10	Erosión: Ligero
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Bien drenado
Ubicación: 12,9 km N Beltran, Banda, SE	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
27° 42' S, 64° 03' O	Distribución de Humedad: No Uniforme
Altitud: 175 m	Cobertura: 90 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Profundidad de la napa: 1,3 m
Vegetación: Rastrojo	Sales o álcalis: No salino ligeramente sódico
Material original: Aluvial-eólica	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Tacoyoj:

A 0-21 cm; pardo oscuro (7.5 y R 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques medios fuerte a bloques subangulares medios moderado; duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; fresco; raíces abundantes; limite claro suave; pH 7.4.

Bw 21-44 cm; pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios gruesos moderado; duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; barnices escasos; fresco; raíces abundantes; limite claro suave; pH 7.6.

BC 44-65 cm; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios débil a masivo; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; húmedo; raíces escasas; limite claro suave; pH 7.6.

Ck 65 cm +; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/2) en húmedo; franco limoso; masiva; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; calcáreo fuerte; mojado; limite claro suave; pH 7.6.

Tabla 8.24 Datos analíticos del suelo. Perfil AC261 Tacoyoj Tac

Horizonte	A	Bw	BC	Ck
Profundidad, (cm)	0-21	21-44	44-65	+ 65
Arcilla, (%)	17	14	14	14
Limo, (%)	58	55	55	55
Arena, (%)	25	31	31	31
Textura	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso
Materia Orgánica, (%)	1.60	0.76	0.47	0.38
Carbono Orgánico, (%)	0.93	0.44	0.27	0.22
Nitrógeno total, (%)	0.12	0.06	0.07	0.05
Relación C/N	8	7	4	4
Fósforo, (p.p.m)	8	14	11	12
Carbonato de Ca (%)	1.1	0	0.6	1.9
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	43	34	32	32
pH en pasta	7.4	7.6	7.6	7.6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.21	0.96	1.12	1.28
Calcio (meq/100 g)	nd	9.0	nd	Nd
Magnesio (meq/100 g)	nd	2.9	nd	Nd
Sodio (meq/100)	1.2	1.4	1.4	1.4
Potasio (meq/100 g)	1.09	0.84	0.85	0.85
C.I.C, (meq/100 g)	16.0	13.7	13.5	13.3
P.S.I, (%)	8	10	10	11
Cloruro soluble, (meq/l)	3.7	< 5	3.3	4.4

PERFIL: AC51 Sta Rosa SRO

El suelo Sta Rosa es oscuro, profundo, sin salinidad, ni sodicidad, bien drenado que ocupa los relieves planos de antiguas llanuras de deposición del Río Dulce, desarrollado a partir de sedimentos fluviales franco limosos tienen alto contenido de materia orgánica, inclusive en profundidad.

El horizonte superficial (A1), con una profundidad de 34 cm, es de color pardo grisáceo muy oscuro, de textura franco limosa, estructura bloques subangulares media moderada, bien provisto de materia orgánica, con raíces abundantes. Hacia abajo, pasa a otro horizonte más arcilloso (AC) que se extiende hasta 66 cm, de color pardo grisáceo muy oscuro, estructura en bloques subangulares medios moderados, con raíces abundantes. Le sigue un horizonte con abundantes carbonatos libres en la masa del suelo (Cca) que se extiende hasta una profundidad promedio de 110 cm, tiene color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados y raíces comunes. En profundidad subyace una capa de arena fina que se extiende hasta 170 cm.

Estos suelos son muy fértiles y productivos, con excelente capacidad de retención de humedad, sin susceptibilidad a la salinización y alcalinización por la presencia de la capa de arena fina en profundidad. Se clasifican como Haplustol arídico franca fina mixta hipertérmica, constituyen la serie de suelos Santa Rosa (Angueira y Zamora, 2003) y se ubican en la unidad cartográfica 3P.

Tabla 8.25 Información general del suelo. Perfil AC51 Sta Rosa SRO

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 51	Vegetación: Alfalfa
Nombre: Santa Rosa	Material original: Aluvial
Símbolo: SRO	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Terraza
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: IVc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 05/01	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Nula
Ubicación: 8 Km al NE de Arraga, Depto. Capital, Santiago del Estero	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 27° 57' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 65° 07' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 165 m	Cobertura: 20 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Pastura con riego

Descripción técnica del perfil de suelo Sta Rosa:

- A1 0-34 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco limosa; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; abundantes raíces; límite claro y suave; pH 7.
- AC 34-66 cm; pardo oscuro (10YR 3/2,5) en húmedo; franco limosa; estructura bloques subangulares medios moderados; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; escaso calcáreo libre; límite difuso, pH 7.6.
- Cca 66-110 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco limosa; estructura en bloques subangulares medio moderados; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; abundante calcáreo finamente dividido; límite inferior abrupto suave; pH 7,9.
- III 110 + cm; gris claro (10YR 6/1) en húmedo; arenoso; grano simple; suelto; no plástico; no adhesivo.

Tabla 8.26 Datos analíticos del suelo. Perfil AC51 Sta Rosa SRO

Horizonte	A1	AC	C1ca
Profundidad, (cm)	0-34 cm	34-66 cm	66-110 cm
Arcilla, (%)	24	22	18
Limo, (%)	54	53	60
Arena, (%)	22	25	22
Textura	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa
Materia Orgánica, (%)	46	47	57
Carbono Orgánico, (%)	7,0	7,6	7,9
Nitrógeno total, (%)	0,98	0,56	0,67
Relación C/N	0	c.c.	5,4
Fósforo, (p.p.m)	1,25	0,57	0,59
Carbonato de Ca (%)	2,16	0,98	1,02
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	0,16	0,06	0,07
pH en pasta	8	10	8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	42	42	8
Calcio (meq/100 g)	0,9	1,2	1,6
Magnesio (meq/100 g)	2,14	2,47	2,1
Sodio (meq/100)	17,3	nd.	nd.
Potasio (meq/100 g)	3,0	nd.	nd.
C.I.C, (meq/100 g)	21,9	26,2	26,8
P.S.I, (%)	4,1	4,6	6,0
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	< 5
Profundidad de muestreo, (cm)	< 20	< 20	< 20



PERFIL: AD205 Los Vegas LosV

Tabla 8.27 Información general del suelo. Perfil AD205 Los Vegas LosV

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 205	Material original: Aluvial
Nombre: Los Vegas	Relieve: Subnormal
Símbolo: LosV	Posición: Bajo
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Pendiente: Area plana
Clasificación taxonómica: Haplustol	Escurrimiento: Lento
torriorténtico franca fina	Permeabilidad: Moderada
Capacidad de uso: VIc	Erosión: Nula
Fecha: 17/07/10	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Autor descripción: Angueira, C. y E.Zamora	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Ubicación: 5 km SO Clodomira, Banda, SE.	Distribución de Humedad: Uniforme
Latitud y 27° 36' S	Profundidad de la napa: 3 m
Longitud: 64° 10' O	Cobertura vegetal: 70 %
Altitud: 179 m	Sales o álcalis: No salino, Moderadamente alcalino
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Uso de la tierra: Ganadería
Vegetación: Alfalfa	

Descripción del perfil de suelo Las Vegas:

- A 0-15 cm; pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo, pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco; franco limoso; bloques subangulares medios finos moderada; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; húmedo; raíces comunes; pH 7.5.
- AC 15-34 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco; franco limoso; bloques subangulares medios y finos moderada; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico y no adhesivo; húmedo; raíces escasas; pH 7.7

- C1 32-80 cm; pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo, pardo (10 YR 5/3) en seco; franco; bloques subangulares medios moderada; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; débil calcáreo; húmedo; raíces escasas; pH 7.7
- C2 80 cm +; pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo; pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco; franco; bloques aplanados gruesos débil; ligeramente duro, firme, no plástico, no adhesivo; débil calcáreo; húmedo; pH 7.5.

Tabla 8.28 Datos analíticos del suelo. Perfil AD205 Los Vegas LosV

Horizonte	A	AC	C1	C2
Profundidad, (cm)	0-14	14-32	32-75	+ 75
Arcilla, (%)	13	16	12	14
Limo, (%)	58	56	49	43
Arena, (%)	29	28	39	43
Textura	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco	Franco
Materia Orgánica, (%)	3.78	1.26	0.98	0.76
Carbono Orgánico, (%)	2.19	0.73	0.57	0.44
Nitrógeno total, (%)	0.21	0.06	0.04	0.04
Relación C/N	11	12	14	11
Fósforo, (p.p.m)	7	3	4	9
Carbonato de Ca (%)	1.1	1.2	cc	1.0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	52	40	40	40
pH en pasta	7.5	7.7	7.7	7.5
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.83	1.91	4.28	5.85
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.
Sodio (meq/100)	1.5	1.6	1.9	1.5
Potasio (meq/100 g)	1.69	1.58	1.56	1.30
C.I.C, (meq/100 g)	17.4	13.6	10.2	9.8
P.S.I, (%)	9	12	19	15
Cloruro soluble, (meq/l)	2.4	3.6	9.5	12.5

PERFIL: AC216 Tuama Tua

Tabla 8.29 Información general del suelo. Perfil AC216 Tuama Tua

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 216	Vegetación: Tala, mistol, tusca, afata, mistol, ancoche
Nombre: Tuama	Material original: Aluvial
Símbolo: Tua	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Haplustol torriorténtico	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 18/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 8.3 km O Fernandez, San Martín, SE	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 27° 59' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 02' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 160 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino no sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Tuama:

- A 0-23 cm; pardo (7 5 YR 5/2) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques aplanados a bloques subangulares gruesos finos fuerte; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; fresco; raíces abundantes; limite claro gradual; pH 5,9.
- AC 23-48 cm; gris rosáceo (7 5 YR 6/2) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios moderado; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; fresco; raíces comunes; límite claro suave; pH 6,4.
- Cca 48 cm +; gris rosáceo (7 5 YR 7/2) en seco y pardo fuerte (7 5 YR 4/6) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares finos debil; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; fuerte calcáreo; fresco; raíces escasas; pH 6,8.

Tabla 8.30 Datos analíticos del suelo. Perfil AC216 Tuama Tua

Horizonte	A	Ac	C1ca
Profundidad, (cm)	0-23	23-48	+ 48
Arcilla, (%)	14	8	9
Limo, (%)	58	61	75
Arena, (%)	28	31	16
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Materia Orgánica, (%)	2.03	1.53	0.47
Carbono Orgánico, (%)	1.18	0.89	0.27
Nitrógeno total, (%)	0.12	0.11	0.04
Relación C/N	10	8	7
Fósforo, (p.p.m)	16	6	5
Carbonato de Ca (%)	0	0	2.5
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	41	35	39
pH en pasta	5.9	6.4	6.8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.40	0.30	2.06
Calcio (meq/100 g)	4.6	4.5	nd.
Magnesio (meq/100 g)	1.3	1.1	nd.
Sodio (meq/100)	0.5	0.5	0.9
Potasio (meq/100 g)	1.09	1.22	0.56
C.I.C, (meq/100 g)	14.4	12.4	10.4
P.S.I, (%)	4	4	9
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	11.7

PERFIL: AC225 Hipolitta Hipo

Tabla 8.31 Información general del suelo. Perfil AC225 Hipolitta Hipo

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 225	Vegetación: Valda
Nombre: Hipolitta Hipo	Material original: Aluvial
Símbolo: Hipo	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Haplustol torriortentico franco a franco limoso	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 19/07/10	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 13.5 km SO La Cañada, Robles, SE	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 27° 45' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 63° 53' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 158 m	Cobertura: 50 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Modera. salino ligera. sódico
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Hipolitta Hipo:

- A 0-21cm; pardo (7.5 YR 5/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios moderado fuerte; duro, friable, no plástico, no adhesivo; raíces comunes; límite claro suave; pH 7.0.
- AC 21-50 cm; pardo (7.5 YR 5/2) en seco y pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/2) en húmedo; franco; bloques subangulares finos débil; blando, friable, no plástico, no adhesivo; raíces escasas; pH 7.1.
- Cca_a 50 cm +; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo fuerte (7.5 YR 4/6) en húmedo; franco; bloques subangulares finos débil a masivo; suelto, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; pH 7.0.

Tabla 8.32 Datos analíticos del suelo. Perfil AC225 Hipolitta Hipo

Horizonte	A	AC	C1ca
Profundidad, (cm)	0-24	24-50	+ 50
Arcilla, (%)	11	14	8
Limo, (%)	51	49	46
Arena, (%)	38	37	46
Textura	Franco limoso	Franco	Franco
Materia Orgánica, (%)	1.21	0.48	0.43
Carbono Orgánico, (%)	0.70	0.28	0.25
Nitrógeno total, (%)	0.06	0.03	0.02
Relación C/N	12	9	13
Fósforo, (p.p.m)	15	15	11
Carbonato de Ca (%)	0.9	c.c.	3.5
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	35	33	34
pH en pasta	7.1	7.0	7.1
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	8.65	8.73	7.55
Calcio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Sodio (meq/100)	0.6	1.0	1.3
Potasio (meq/100 g)	1.18	1.06	0.76
C.I.C, (meq/100 g)	13.0	12.0	9.1
P.S.I, (%)	5	8	4
Cloruro soluble, (meq/l)	40	45	45

PERFIL: AC42 Maquito Mq

El suelo Maquito es oscuro, bien provisto de materia orgánica, no salino y ligeramente sódico en profundidad. Dentro del área fluvial de la margen derecha del Río dulce ocupa situaciones intermedias del relieve (flancos de albardones). El perfil se ha desarrollado sobre sedimentos fluviales de textura franco arenosa.

El horizonte superficial (A1) de 23 cm de espesor, es de color pardo oscuro, franco arenoso con estructura en bloques subangulares finos débiles. Luego pasa a un horizonte de transición (AC), pardo amarillento oscuro, franco arenoso, masivo, que se extiende hasta 64 cm. El substrato (Horizonte C1) es de textura franco arenosa, masiva, muy friable en húmedo, con material calcáreo libre diseminado la masa del suelo. A partir de 130 cm se encuentra una capa (II C) de textura franco limosa, masiva, con ligera alcalinidad sódica.

Algunos perfiles pueden tener capas en profundidad de texturas variables preferentemente arenosas. La limitante está dada solamente por moderada fertilidad natural y tiene una amplia aptitud para cultivos bajo riego a excepción de las fases con limitantes.

Se han reconocido las siguientes fases: salino sódica subsuperficial, moderadamente bien drenada y salino sódica moderadamente bien drenada.

Se clasifican como Haplustoles torriorthenticos franca gruesa mixta hipertérmica y constituyen la series de suelos Maquito (Angueira y Zamora, 2003) y se ubican en la unidad cartográfica 3P.

Tabla 8.33 Información general del suelo. Perfil AC42 Maquito Mq

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 42	Vegetación: Quebrachal alto
Nombre: Maquito	Material original: Aluvial
Símbolo: Mq	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Explanada
Clasificación taxonómica: Haplustol torriorténtico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Lento
Fecha: 05/91	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Nula o sin erosión
Ubicación: 5,5 Km E Est. Zanjón, Depto. Capital, Santiago del Estero	Drenaje: Bien Drenado
Latitud: 27° 54' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 11' O	Distribución Humedad: No uniforme
Altitud: 178 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Agricultura



Descripción técnica del perfil de suelo Maquito:

- A1 0-23 cm; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arenosa; estructura en bloques subangulares medios débiles; ligeramente duro; muy friable; no plástico; no adhesivo; abundantes raíces; límite claro y suave; pH 7,3.
- AC 23-64 cm; pardo (10YR 3/4) en húmedo; franco arenosa; estructura masiva; ligeramente duro; muy friable; no plástico; no adhesivo; con material calcáreo diseminado en la masa del suelo; escasas raíces; límite claro y suave; pH 8,0.
- C1 64-130 cm; pardo (10YR 4/4) en húmedo; franco arenosa; masivo; ligeramente duro; muy friable; no plástico; no adhesivo; límite claro y suave; pH 8,1.
- IIC 130 + cm; franco limosa; masivo; muy friable; no plástico; no adhesivo; pH 8,0.

Tabla 8.34 Datos analíticos del suelo. Perfil AC42 Maquito Mq

Horizonte	A1	AC	C1	IIC2
Profundidad, (cm)	0-23 cm	23-64 cm	64-130 cm	+ 130 cm
Arcilla, (%)	59	59	57	44
Limo, (%)	34	35	37	51
Arena, (%)	7	6	6	5
Textura	Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Limosa
Materia Orgánica, (%)	31	29	29	32
Carbono Orgánico, (%)	7,3	8	8,1	8
Nitrógeno total, (%)	0,52	0,38	0,52	1,04
Relación C/N	0	0	3,1	2,3
Fósforo, (p.p.m)	0,66	0,26	0,18	0,12
Carbonato de Ca (%)	1,14	0,45	0,31	0,21
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	0,1	0,06	0,03	0,02
pH en pasta	7	4	6	6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	< 1	2	1	1
Calcio (meq/100 g)	0,2	0,4	0,5	1,1
Magnesio (meq/100 g)	0,94	0,6	0,55	0,53
Sodio (meq/100)	6,9	8,3	Nd	nd
Potasio (meq/100 g)	1,2	1,2	Nd	nd
C.I.C, (meq/100 g)	8,7	9,6	8,6	8,1
P.S.I, (%)	2	4	6	14
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	< 5	1,8
Profundidad de muestreo, (cm)	< 20	< 20	< 20	20

PERFIL: AC49 Manogasta Mn

El suelo Manogasta es imperfectamente drenado, salino y con alcalinidad sódica desde la superficie. Se ha desarrollado sobre sedimentos de textura franco limosa de origen fluvial.

El horizonte superficial (A2) es de textura franco limosa, color pardo, estructura laminar a masiva. Hacia abajo pasa a un horizonte iluvial (Horizonte B2t) que se extiende hasta los 44 cm, subdividido en B21 de color pardo oscuro, estructura en prismas simples irregulares, con concreciones calcáreas, barnices comunes a abundantes y B22 de color pardo, franco limoso, prismas simples irregulares finos, con barnices comunes más claros. El horizonte de transición (B3), se extiende hasta 65 cm donde se encuentra el material originario (Horizonte C) de textura franco limosa, masivo.

Ocupa las antiguas llanuras de inundación plano cóncavas con escurrimiento muy lento a nulo. La excesiva alcalinidad sódica, salinidad, drenaje insuficiente, baja fertilidad limitan su utilización en agricultura de regadío. Se clasifican como Natrargid ustólico constituyendo la serie de suelos Manogasta (Angueira y Zamora, 2003) y se ubican en la unidad cartográfica 3P.

Tabla 8.35 Información general del suelo. Perfil AC49 Manogasta Mn

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 49	Vegetación: Halófitas
Nombre: Manogasta	Material original: Aluvial
Símbolo: Mn	Relieve: Cóncavo
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Depresión
Clasificación taxonómica: Natrargid ustólico	Pendiente: Llanura
Capacidad de uso: VIIws	Escurrecimiento: Lento
Fecha: 0798	Permeabilidad: Muy lenta a nula
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Severa
Ubicación: 6,5 Km NE de Arraga, Depto. Capital, Santiago del Estero	Drenaje: Imperfectamente drenado
Latitud: 28, 01 S	Peligro anegamiento: Inundable
Longitud: 64, 19 O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 166 m	Cobertura: 30 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Fuertemente salino
	Uso de la tierra: Bosque



Descripción técnica del perfil de suelo Manogasta:

- A1 0-13 cm; pardo (7,5 YR 4/4) en húmedo; franco limosa; estructura laminar a masiva; duro en seco; firme en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; límite inferior abrupto y suave; pH 8,0.
- Bt1 13-28 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo; franco arcillo limosa; prismas simples irregulares; firme en húmedo; plástico; adhesivo; barnices abundantes; concreciones calcáreas escasas; límite inferior claro y suave; pH 8,2, se observan abundantes seudomicelios salinos.
- Bt2 28-44 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo; franco limosa; prismas simples irregulares; concreciones calcáreas; fuerte reacción al HCl; límite inferior gradual y suave; pH 8,2, seudomicelios salinos comunes.
- BC 44-65 cm; pardo (7,5YR 3/4) en húmedo; franco limosa, prismas; friable en húmedo, límite claro y suave; pH 8,4.
- C + 65 cm; franco limosa; masivo; pH 8,4.

Tabla 8.36 Datos analíticos del suelo. Perfil AC49 Manogasta Mn

Horizonte	A1	Bt1	Bt2	BC	C
Profundidad, (cm)	0-13	13-28	28-44	44-65	+ 65
Arcilla, (%)	32	20	17	11	29
Limo, (%)	54	53	59	72	57
Arena, (%)	14	28	24	17	14
Textura	Franco limosa	Franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
Materia Orgánica, (%)	43	56	62	50	43
Carbono Orgánico, (%)	8,0	8,2	8,2	8,4	8,4
Nitrógeno total, (%)	20,1	33,5	30,6	35,2	33,5
Relación C/N	c.c.	c.c.	c.c.	c.c.	0
Fósforo, (p.p.m)	0,87	0,73	0,42	0,19	0,17
Carbonato de Ca (%)	1,5	0,57	0,72	0,33	0,29
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	0,13	0,07	0,08	0,05	0,06
pH en pasta	7	5	5	4	3
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	97	74	59	72	47
Calcio (meq/100 g)	2,2	14,6	14,7	14,8	13,1
Magnesio (meq/100 g)	3,12	3,08	3,46	2,15	2,11
Sodio (meq/100)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13,7
Potasio (meq/100 g)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3,3
C.I.C, (meq/100 g)	24,2	30,9	33,5	26,8	24,7
P.S.I, (%)	9,1	47	43,9	55,2	53
Cloruro soluble, (meq/l)	101	120	117	140	126,5

PERFIL: VG954 Robles Rob**Serie ROBLES**

La serie Robles es un suelo con los siguientes horizontes: A, AC, IIC, no salino, ligeramente sódico, con bajo contenido de materia orgánica, no posee horizonte diagnóstico y se desarrolla sobre acumulaciones arenosas de relieve plano convexo relativamente estabilizadas.

Son suelos arenoso de textura arena franca que se encuentran en la parte central de la provincia. Sus limitaciones de clima y baja retención de humedad determinan que su aptitud VI sea para ganadería. La disponibilidad de agua del sistema de riego hace aptos para agricultura.

Se clasifican como Torripsamentos típicos y se ubican en la unidad cartográfica 3P.

Tabla 8.37 Información general del suelo. Perfil VG954 Robles Rob

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 954	Vegetación: Desmonte para agricultura
Nombre: Robles	Material original: Aluvial
Símbolo: /Rob	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Loma extensiva
Clasificación taxonómica: Torripsamentos típicos	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VI	Escurrimiento: Lento
Fecha: 01/89	Permeabilidad: Muy rápido
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Latitud: 28° 03' S	Drenaje: Excesivamente drenada
Longitud: 63° 59' O	Peligro anegamiento: Moderadamente rápida
Ubicación: Pampa Atún Depto Robles, Santiago del Estero	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 155 m	Cobertura: %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Débilmente salino
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Robles:

- A1 0-35 cm; pardo rojizo claro (5 YR 6/3) en seco; pardo rojizo (5 YR 4/3) en húmedo; arenosa; grano suelto; límite gradual suave.
- AC 35-80 cm; pardo rojizo claro (5 YR 6/4) en seco; pardo rojizo (5 YR 4/3) en húmedo; arenosa; grano suelto; límite gradual suave.
- IIC 80 cm +; gris rosado (5 YR 7/2) en seco; arenosa; grano suelto.

Tabla 8.38 Datos analíticos del suelo. Perfil VG954 Robles Rob

Horizonte	A	AC	IIC
Profundidad, (cm)	0-35	35-80	80-100+
Arcilla, (%)	1	1	1
Limo, (%)	4	3	4
Arena, (%)	96	96	95
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa
Materia Orgánica, (%)	0.17	0.14	0.09
Carbono Orgánico, (%)	0.10	0.08	0.05
Nitrógeno total, (%)	0.02	0.01	0.01
Relación C/N	nd	nd	nd
Fósforo, (p.p.m)	7	8	9
Carbonato de Ca (%)	0	0	0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	98	98	100
pH en pasta	7.7	7.9	7.9
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.44	0.13	0.22
Calcio (meq/100 g)	1.4	1.8	1.7
Magnesio (meq/100 g)	1.1	0.7	0.8
Sodio (meq/100)	0.3	0.4	0.4
Potasio (meq/100 g)	0.16	0.16	0.1
C.I.C, (meq/100 g)	3.0	3.1	1.6
P.S.I, (%)	10	13	25
Cloruro soluble, (meq/l)	nd	nd	nd

PERFIL: AC218 El Jumial EIJ

Tabla 8.39 Información general del suelo. Perfil AC218 El Jumial EIJ

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 218	Escurrimiento: Medio
Nombre: El Jumial	Permeabilidad: Rápida
Símbolo: EIJ	Erosión: Ligera
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Clasificación taxonómica: Torrisapmente ústico arenosa a franca gruesa	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Capacidad de uso: VIc	Vegetación: Algarrobo, quimil, quebracho blanco, tala, atamisqui, afata
Fecha: 19/07/10	Material original: Aluvial
Autor descripción: Angueira, C., E. Zamora	Relieve: Normal subnormal
Ubicación: 3 km N Est. Robles; Robles, SE	Posición: Bajo
Latitud: 28° 01' S	Pendiente: Area plana
Longitud: 64° 00' O	Escurrimiento: Medio
Altitud: 154 m	Permeabilidad: Rápida
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Erosión: Ligera
Vegetación: Algarrobo, quimil, quebracho blanco, tala, atamisqui, afata	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Material original: Aluvial	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Relieve: Normal subnormal	Distribución de Humedad: No uniforme
Posición: Bajo	Cobertura: 80 %
Pendiente: Area plana	Sales o álcalis: No salino ligeramente sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Picada hacia el Sur (Mancha colorada):

- A 0-11 cm; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco arenoso; granular; suelto, suelto, no plástico, no adhesivo; seco; raíces escasas; limite claro suave; pH 6,0.
- C 11 cm +; pardo fuerte (7.5 YR 4/6) en seco y pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/4) en húmedo; masivo; suelto, suelto; seco; pH 6,9.

Tabla 8.40 Datos analíticos del suelo. Perfil AC218 El Jumial EIJ

Horizonte.	A	C
Profundidad, (cm)	0-11	11 +
Arcilla, (%)	4	4
Limo, (%)	44	43
Arena, (%)	52	53
Textura	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Materia Orgánica, (%)	0.81	0.48
Carbono Orgánico, (%)	0.47	0.28
Nitrógeno total, (%)	0.05	0.02
Relación C/N	10	14
Fósforo, (p.p.m)	27	10
Carbonato de Ca (%)	0	0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	34	32
pH en pasta	6.0	6.9
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.61	1.81
Calcio (meq/100 g)	3.7	4.9
Magnesio (meq/100 g)	0.8	1.0
Sodio (meq/100)	0.4	0.5
Potasio (meq/100 g)	0.69	0.67
C.I.C, (meq/100 g)	6.8	6.2
P.S.I, (%)	6	8
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	11.0

PERFIL: AC229 Las Lomitas LLo

Tabla 8.41 Información general del suelo. Perfil AC229 Las Lomitas LLo

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 229	Vegetación: Quebracho blanco, mistol, jarilla, suncho, gramínea
Nombre: Las Lomitas	Material original: Aluvial
Símbolo: LLo	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 3P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Torrisapment ústico franco arenoso	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: Vics	Escurrimiento: Medio
Fecha: 20/07/10	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 6.6 km N Fernández, Robles, SE	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Latitud: 27° 51' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 63° 52' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 155 m	Cobertura: 90 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Modera. Salino ligera sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Las Lomitas:

- A 0-9 cm; pardo (10 YR 5/2) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco; bloques subangulares finos débil; ligeramente duro, muy friable, no plástico, no adhesivo; seco; raíces comunes; limite claro suave; pH 6.2.
- C1k 9-45 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/6) en húmedo; franco arenoso; masivo; suelto, muy friable, no plástico, no adhesivo; fresco; raíces escasas; limite abrupto ondulado; pH 6.9.
- C2k 45-120 cm; pardo amarillento (10 YR 5/8) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo; franco arenoso; masiva; suelto; muy friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; fresco; pH 7.4.

Tabla 8.42 Datos analíticos del suelo. Perfil AC229 Las Lomitas LLo

Horizonte	A	C1k	C2k
Profundidad, (cm)	0-9	9-45	45-120
Arcilla, (%)	8	6	4
Limo, (%)	46	46	48
Arena, (%)	46	48	48
Textura	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso
Materia Orgánica, (%)	1.05	0.78	0.34
Carbono Orgánico, (%)	0.61	0.45	0.20
Nitrógeno total, (%)	0.06	0.04	0.02
Relación C/N	10	11	10
Fósforo, (p.p.m)	23	12	8
Carbonato de Ca (%)	0	0	2.1
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	37	35	35
pH en pasta	6.2	6.9	7.4
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	3.25	13.5	17.3
Calcio (meq/100 g)	3.8	8.3	nd
Magnesio (meq/100 g)	1.3	1.6	nd
Sodio (meq/100)	0.8	1.4	1.5
Potasio (meq/100 g)	0.97	0.91	1.12
C.I.C, (meq/100 g)	8.5	7.4	7.0
P.S.I, (%)	9	19	21
Cloruro soluble, (meq/l)	14.6	101	122

PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA – MEGA ABANICO DISTAL – CAUCE COLMATADO – 4P

PERFIL: AC260 Palo Borracho PaB

Tabla 8.43 Información general del suelo. Perfil AC260 Palo Borracho PaB

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 260	Material original: Aluvial
Nombre: Palo Borracho	Relieve: Normal subnormal
Símbolo: PaB	Posición: Bajo
Símbolo unidad cartográfica: 4P	Pendiente: Area plana
Clasificación taxonómica: Natrustoll	Escurrimiento: Lento
arídico franca fina	Permeabilidad: Moderada
Capacidad de uso: VIcs	Erosión: Ligera
Fecha: 23/08/10	Drenaje: Imperfectamente drenado
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Ubicación: 9,2 km NE Beltram, Robles, SE	Dist. Humedad: No uniforme
27° 45' S, 64° 04' O	Cobertura: 60%
Altitud: 175 m	Profundidad de la napa: 2 m
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino sódico
Vegetación: Avena	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Palo Borracho:

- A 0-34 cm; pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco y pardo muy oscuro (10 y R 2/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios gruesos moderado; extremadamente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; húmedo; raíces abundantes; limite claro suave; pH 6.8
- Bt 34-48 cm; pardo oscuro a pardo (10 YR 4/3) en seco y pardo grisáceo muy claro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arcilloso; prismas medios moderado; friable, plástico, adhesivo; barnices comunes; húmedo; raíces comunes; limite claro suave; pH 7.3
- BC 48-60 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arcilloso; prismas medios moderado; friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; barnices escasos; mojado; raíces escasas; limite claro suave; pH 7.4

CAPÍTULO IX

Ck 60 cm +; pardo pálido (10 YR 6/3) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; franco limoso; masivo; friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; calcáreo moderado; moteados abundantes; mojado; pH 7.5.

Tabla 8.44 Datos analíticos del suelo. Perfil AC260 Palo Borracho PaB

Horizonte.	A	Bt	BC	Ck
Profundidad, (cm)	0-34	34-48	48-60	+ 60
Arcilla, (%).	25	31	28	21
Limo, (%).	54	49	49	51
Arena, (%)	21	20	23	28
Textura	Franco limoso	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco limoso
Materia Orgánica (%)	2.45	0.88	0.81	0.38
Carbono Orgánico (%)	1.42	0.51	0.47	0.22
Nitrógeno total, (%)	0.17	0.10	0.06	0.03
Relación C/N	8	5	8	7
Fósforo, (p.p.m)	6	5	18	10
Carbonato de Ca %.	0	1.8	1.4	1.4
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	49	42	41	33
pH en pasta	6.8	7.3	7.4	7.5
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.10	1.44	2.14	2.75
Calcio (meq/100 g)	13.8	nd	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	2.8	nd	nd	nd
Sodio (meq/100)	1.5	4.4	5.2	4.5
Potasio (meq/100 g)	1.47	1.57	1.50	1.10
C.I.C, (meq/100 g)	19.9	15.8	15.0	13.0
P.S.I, (%)	8	28	35	35
Cloruro soluble, (meq/l)	1.9	3.8	5.3	8.9

PERFIL: AC227 El Tronco EIT

Tabla 8.45 Información general del suelo. Perfil AC227 El Tronco EIT

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 227	Vegetación: Suncho negro, quiimil, simbol, sorgo alepo
Nombre: El Tronco	Material original: Aluvial
Símbolo: EIT	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 4P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico franco	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 20/07/10	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Moderada
Ubicación: 12.1 Km SO La Cañada, Robles, SE	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 27° 45' S	Peligro anegamiento: Poco inundable
Longitud: 63° 52' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 157 m	Cobertura: 95 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Modera. salino ligeramente sódico
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo El Tronco:

- A 0-18cm; pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios moderado; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; fresco; raíces comunes; limite claro suave; pH 6.3.
- Bw 18-38 cm; pardo (7.5 YR 5/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares gruesos débil a masivo; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; barnices escasos; fresco; micelios escasos; pH 6.8.
- B3 38-68 cm; pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco; bloques subangulares medios débil a masivo; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; fresco; pH 6.8
- Cca 68 cm +; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/4) en húmedo; franco; bloques subangulares medios débil a masivo; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; fresco; pH 6.8.

Tabla 8.46 Datos analíticos del suelo. Perfil AC227 El Tronco EIT

Horizonte	A	Bw	BC	Cca
Profundidad, (cm)	0-18	18-38	38-68	+ 68
Arcilla, (%).	14	16	11	8
Limo, (%).	52	49	45	42
Arena, (%)	34	35	44	50
Textura	Franco limoso	Franco	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	2.91	1.45	0.78	0.14
Carbono Orgánico (%)	1.69	0.48	0.45	0.08
Nitrógeno total, (%)	0.15	0.08	0.04	0.01
Relación C/N	11	11	11	8
Fósforo, (p.p.m)	49	20	27	13
Carbonato de Ca %.	0	0	0.9	1.3
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	43	39	35	34
pH en pasta	6.3	6.8	6.8	6.8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	6.80	9.89	15.3	14.2
Calcio (meq/100 g)	10.5	9.5	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	3.0	4.0	nd	nd
Sodio (meq/100)	0.8	1.0	1.5	0.4
Potasio (meq/100 g)	2.19	1.58	1.08	1.16
C.I.C, (meq/100 g)	17.4	15.8	11.0	9.1
P.S.I, (%)	5	6	14	15
Cloruro soluble, (meq/l)	33	71	150	136

PERFIL: AC251 Higien Acra HiA

Tabla 8.47 Información general del suelo. Perfil AC251 Higien Acra HiA

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 251	Material original: Aluvial
Nombre: Higien Acra	Relieve: Normal subnormal
Símbolo: HiA	Posición: Bajo
Símbolo unidad cartográfica: 4P	Pendiente: Area plana
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico franco arcilloso limoso	Escurrimiento: Medio
Capacidad de uso: Vics	Permeabilidad: Moderadamente lenta
Fecha: 22/08/10	Erosión: Severa
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Ubicación: 5,6 km SO Beltran, Robles, SE	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Aprox. 27° 52' S, 64° 02' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 165 m	Cobertura: 30 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Salino sódico
Vegetación: Vinal, jume	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Higien Acra:

- A 0-26 cm; pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10 y R 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; bloques subangulares finos fuerte; duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; hifas salinas; limite claro suave; pH 7.2
- Bw 26-57 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; prismas medios fuerte a bloques subangulares medios gruesos fuerte; duro, friable, plástico, adhesivo; barnices moderados; limite claro suave; pH 7.1
- BC 57-75 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco; franco arcilloso; bloques subangulares medios fuerte; duro; friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; limite claro suave; pH 7.3
- C 75 cm +; pardo pálido (10 YR 6/3) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; franco arcilloso; bloques subangulares finos medios fuerte; extremadamente duro; friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; limite claro suave; pH 7.5.

Tabla 8.48 Datos analíticos del suelo. Perfil AC251 Higien Acra HiA

Horizonte	A	Bw	BC	C
Profundidad, (cm)	0-26	26-57	57-75	+ 75
Arcilla, (%).	38	35	30	36
Limo, (%).	50	49	44	44
Arena, (%)	12	16	26	20
Textura	Franco arcillo limoso	Franco arcillo limoso	Franco arcilloso	Franco arcilloso
Materia Orgánica (%)	3.14	1.60	1.10	0.71
Carbono Orgánico (%)	1.82	0.93	0.64	0.41
Nitrógeno total, (%)	0.19	0.11	0.06	0.05
Relación C/N	10	9	11	8
Fósforo, (p.p.m)	24	12	7	6
Carbonato de Ca %.	0	0	0	1.4
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	60	58	54	55
pH en pasta	7.2	7.1	7.3	7.5
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	34.0	39.5	35.0	37.5
Calcio (meq/100 g)	6.3	6.3	6.6	nd
Magnesio (meq/100 g)	3.9	2.8	2.9	nd
Sodio (meq/100)	5.1	5.1	4.6	4.7
Potasio (meq/100 g)	1.54	1.58	1.80	1.96
C.I.C, (meq/100 g)	18.7	17.4	14.2	14.0
P.S.I, (%)	27	29	32	34
Cloruro soluble, (meq/l)	295	213	180	180

PERFIL: AC263 Colonia El SimbolarCoS

Tabla 8.49 Información general del suelo. Perfil AC263 Colonia El SimbolarCoS

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 263	Vegetación: Rastrojo
Nombre: Colonia Simbolar	Material original: Aluvial
Símbolo: CoS	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 4P	Posición: Bbajo
Clasificación taxonómica: Haplustol	Pendiente: Area plana
Torriortenticofranco limoso	Escurrimiento: Lento
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderada
Fecha: 23/08/10	Erosión: Ligera
Autor descripción: Angueira, C., E. Zamora	Drenaje: Moderadamente bien drenadi
Ubicación: 5 km SO Colonia Simbolar, Robles, SE	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
27° 45' S, 64° 49' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 154 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Profundidad de la napa: 1,5 m
	Sales o álcalis: Salino ligeramente sódico
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo:

- A 0-19 cm; pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, pardo oscuro a pardo (7 5 YR 4/2) en seco; franco limoso; bloques subangulares medios finos moderado; duro, friable, no plástico, no adhesivo; fresco; raíces comunes; pH 7.2.

AC 19-44 cm; pardo (7.5 YR 5/2) en seco y pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares finos moderados a masivo; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; fresco; raíces escasas; pH 7.2.

C1k 44-64 cm; rosado (7.5 YR 7/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 4/5) en húmedo; franco limoso; masivo; ligeramente duro; friable, no plástico, no adhesivo; calcáreo fuerte; fresco; pH 7.3.

C2k 64 cm +; rosado (7 5 YR 7/4) en seco y pardo fuerte (7 5 YR 4/6) en húmedo; franco limoso; masivo; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; húmedo.

Tabla 8.50 Datos analíticos del suelo. Perfil AC263 Colonia El SimbolarCoS

Horizonte	A	AC	C1k
Profundidad, (cm)	0-19	19-44	+ 44
Arcilla, (%).	15	12	11
Limo, (%).	60	58	58
Arena, (%)	25	30	31
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Materia Orgánica (%)	2.07	0.72	0.21
Carbono Orgánico (%)	1.20	0.42	0.12
Nitrógeno total, (%)	0.12	0.07	0.03
Relación C/N	9	6	4
Fósforo, (p.p.m)	30	13	16
Carbonato de Ca %.	0.7	0	1.8
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	45	37	34
pH en pasta	7.2	7.2	7.3
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	10.7	10.4	12.5
Calcio (meq/100 g)	nd	5.4	nd
Magnesio (meq/100 g)	nd	2.4	nd
Sodio (meq/100)	1.1	1.6	1.6
Potasio (meq/100 g)	1.51	1.29	1.01
C.I.C, (meq/100 g)	16.5	11.0	10.8
P.S.I, (%)	7	15	15
Cloruro soluble, (meq/l)	88	91	101

PERFIL: AC52 La Costa LCo

El suelo La Costa es de escaso desarrollo, franco limoso desde la superficie desarrollada sobre sedimentos fluviales. El horizonte superficial (A1) de 17 cm de espesor, es de color pardo grisáceo oscuro, textura franco limosa, bajo contenido de materia orgánica y fuerte salinidad y sodicidad. Luego pasa al substrato (C1Ca), pardo a pardo oscuro, franco limoso, fuertemente salino y extremadamente sódico, con escaso material calcáreo diseminado en la masa. Desde los 56 cm hasta 150 cm se identifica

otro horizonte (C2ca), pardo amarillento oscuro, fuertemente salino-sódico, con mayor contenido de material calcáreo diseminado.

Se vinculan a planos de inundación, deprimidos y anegables, con escurrimiento muy lento a nulo, fuerte salinidad y alcalinidad desde la superficie.

Los suelos de la serie La Costa pertenecen a los Torriortent ústico franca gruesa mixta hipertérmica fase fuertemente salino sódica.

Tabla 8.51 Información general del suelo. Perfil AC52 La Costa LCo

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 52	Paisaje: Planicie fluvio-eólica
Nombre: La Costa	Vegetación: Aibal
Símbolo: LCo	Material original: Aluvial
Símbolo unidad cartográfica: 4P	Relieve: Cóncavo
Clasificación taxonómica: Haplustol torriorténtico	Posición: Bajo
Capacidad de uso: VIIws	Pendiente: Llano
Fecha: 08/10	Escurrecimiento: Estancado
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Permeabilidad: Moderadamente lenta
Ubicación: 13 Km al SE Est. Zanjón, Depto. Capital, Santiago del Estero.	Erosión: Nula o sin erosión
Latitud: 28° 01' S	Drenaje: Imperfectamente drenado
Longitud: 64° 07' O	Peligro anegamiento: Poco inundable
Altitud: 185 m	Distribución de Humedad: No uniforme
	Cobertura: 70 %
	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Ganadería

Descripción del perfil de suelo La Costa:

- A1 0-17 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; franco limosa; masivo; friable; no plástico; no adhesivo; raíces escasas; límite claro y suave; pH 9.
- C1ca 17-56 cm; pardo (10YR 4/3) en húmedo; franco limosa; masivo; ligeramente duro; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; moderada reacción al HCl en la masa del suelo, límite claro y suave; pH 9,2.
- C2ca 56-150 cm; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco limosa; masivo; friable; moderada reacción al HCl; pH 9,4.

Tabla 8.52 Datos analíticos del suelo. Perfil AC52 La Costa LCo

Horizonte	A1	C1ca	C2ca	II
Profundidad, (cm)	0-17 cm	17-56 cm	56-150 cm	+ 150 cm
Arcilla, (%).	33	29	19	37
Limo,(%).	58	64	72	58
Arena, (%)	9	7	9	5
Textura	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
Materia Orgánica (%)	35	36	37	35
Carbono Orgánico (%)	9	9,2	9,4	9,5
Nitrógeno total, (%)	22,6	24	27	30
Relación C/N	1	1,7	3,9	1
Fósforo, (p.p.m)	0,4	0,37	0,28	0,09
Carbonato de Ca %.	0,69	0,64	0,48	0,16
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	0,08	0,08	0,07	0,06
pH en pasta	5	5	4	2
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	66	42	24	20
Calcio (meq/100 g)	11,6	12,9	11,5	10,8
Magnesio (meq/100 g)	3,29	2,84	3,41	2,91
Sodio (meq/100)	nd	nd	nd	nd
Potasio (meq/100 g)	nd	nd	nd	nd
C.I.C, (meq/100 g)	16,3	14,9	14,4	12
P.S.I, (%)	71	87	80	90
Cloruro soluble, (meq/l)	119	120	145	90
Profundidad de Muestreo(cm)	1475	1530	1900	1930

PERFIL: AC50 Silipica Sp

El suelo Silipica tiene un horizonte superficial (A1), es de color pardo amarillento oscuro, de textura franco arenosa con estructura en bloques subangulares finos débiles, no salino ni alcalino. Le sigue un horizonte de transición (AC) que se extiende hasta los 47 cm, de color pardo amarillento oscuro, textura franco limosa, estructura masiva, no salino ni alcalino.

Se continua con Horizonte (C1) franco limoso, masivo, no salino y ligeramente alcalino y a los 83 cm con el horizonte C2ca, textura franco limosa a franco arenosa, masivo, con carbonato de calcio diseminado en la masa del suelo y napa profunda.

Son suelos desarrollados sobre materiales aluviales, en ambiente de terrazas y albardones de la llanura aluvial del Río Dulce. Su capacidad de uso está limitado por su moderada retención de humedad, mesorrelieve y fertilidad.

Se clasifica como Torriorthentes usticos franca gruesa mixta hipertérmica, constituyen la serie de suelos Silipica (Angueira y Zamora, 2003) y se ubican en la unidad cartográfica 4P.

Tabla 8.53 Información general del suelo. Perfil AC50 Silípica Sp

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 50	Vegetación: Arbustal
Nombre: Silípica	Material original: Aluvial
Símbolo: Sp	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 4P	Posición: Loma
Clasificación taxonómica: Torriortent ústico	Pendiente: Area Plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 05/01	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Autor descripción: . Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 5,3 km Km E Simbol, Dpto. Silípica, SE	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Latitud: 27 ° 59' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 12' O	Distribución Humedad: No uniforme
Altitud: 158 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino no sódico
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción técnica del perfil de suelo Silípica:

- A1 0-14 cm, pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; franco arenoso; bloques subangulares medios a finos débiles; friable; no plástico; no adhesivo; límite claro y suave; pH 7,5.
- AC 14-47 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco limosa; masivo; friable; no plástico; no adhesivo; límite gradual y suave; pH 7.1.
- C1 47-83 cm; pardo (10YR 4/3) en húmedo; franco limosa; masivo; pH 8,5.



Tabla 8.54 Datos analíticos del suelo. Perfil AC50 Silipica Sp

Horizonte	A1	AC	C1	C2
Profundidad, (cm)	0-14 cm	14-47 cm	47-83 cm	> 83 cm
Arcilla, (%).	5	5	4	4
Limo, (%).	46	55	56	56
Arena, (%)	49	40	40	40
Textura	Franco Arenosa	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa
Materia Orgánica (%)	41	35	37	38
Carbono Orgánico (%)	7,5	7,1	8,5	8,5
Nitrógeno total, (%)	0,85	0,11	0,27	0,34
Relación C/N	0	0	3	1,6
Fósforo, (p.p.m)	0,67	0,34	0,2	0,15
Carbonato de Ca %.	1,16	0,59	0,34	0,26
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	0,11	0,07	0,05	0,11
pH en pasta	6	5	4	2
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	58	50	30	21
Calcio (meq/100 g)	0,3	0,3	1,0	0,9
Magnesio (meq/100 g)	1,19	0,82	0,45	0,49
Sodio (meq/100)	7,8	6,7	nd.	nd.
Potasio (meq/100 g)	2,4	1,4	nd.	nd.
C.I.C, (meq/100 g)	10,2	9,8	9,4	8,6
P.S.I, (%)	2,9	3,1	10,6	10,5
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	< 5	< 5

PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA – ANTIGUA PLANICIE ALUVIAL – PLANICIE DE EXPLAYAMIENTO – 5P

PERFIL: AC220 Cancinos Can

Tabla 8.55 Información general del suelo. Perfil AC220 Cancinos Can

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 220	Vegetación: Quebracho colorado y blanco,
Nombre: Cancinos	algarrobo, quimil, mistol, jarilla, herbaceas
Símbolo: Can	Material original: Aluvial
Símbolo unidad cartográfica: 5P	Relieve: Subnormal cóncavo
Clasificación taxonómica: Haplustol	Posición: Bajo
torriortentico franco	Pendiente: Areas plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Lento
Fecha: 19/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 3.7 km S Est. Robles, San Martín;	Drenaje: Bien drenado
SE	Peligro anegamiento: Sin peligro
Latitud: 28° 04' S	Distribución de Humedad: Uniforme
Longitud: 63° 59' O	Cobertura: 40 %
Altitud: 156 m	Sales o álcalis: No salino ligeramente sódico
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Cancinos:

- A 0-19cm; pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios moderado; suelto, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; raíces abundantes; pH 6.2.
- AC 22-60 cm; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios y finos débil; suelto, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; raíces comunes; pH 6.8.
- C1ca 60 cm +; pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios moderado; suelto, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; fuerte calcáreo; seco; raíces escasas; pH 7.4.

Tabla 8.56 Datos analíticos del suelo. Perfil AC220 Cancinos Can

Horizonte	A	AC	C1ca
Profundidad, (cm)	0-22	22-60	+ 60
Arcilla, (%).	10	8	9
Limo, (%).	48	46	51
Arena, (%)	42	46	40
Textura	Franco	Franco	Franco limoso
Materia Orgánica (%)	1.65	1.00	0.36
Carbono Orgánico (%)	0.96	0.58	0.21
Nitrógeno total, (%)	0.09	0.05	0.02
Relación C/N	11	12	11
Fósforo, (p.p.m)	23	18	9
Carbonato de Ca %.	0	0	0.9
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	35	37	32
pH en pasta	6.2	6.8	7.4
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.24	2.93	1.64
Calcio (meq/100 g)	4.8	9.2	nd.
Magnesio (meq/100 g)	1.1	2.2	nd.
Sodio (meq/100)	0.4	0.7	1.7
Potasio (meq/100 g)	0.61	1.41	1.29
C.I.C, (meq/100 g)	10.8	11.2	11.2
P.S.I, (%)	4	6	15
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	3.9	6.9

PERFIL: AC221 Perchil Bajo PeB

Tabla 8.57 Información general del suelo. Perfil AC221 Perchil Bajo PeB

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 221	Vegetación: Vinal, tala, mistol, jume, itin, ancoche
Nombre: Perchil Bajo	Material original: Aluvial
Símbolo: PeB	Relieve: Subnormal cóncavo
Símbolo unidad cartográfica: 5P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Argiustol ácuico	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VI _s	Escurrimiento: Lento
Fecha: 19/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Nula
Ubicación: 4.2 Km SO Brea Pozo, San Martín, SE	Drenaje: Imperfectamente drenado
Latitud: 28° 16' S	Peligro anegamiento: Poco inundable
Longitud: 63° 58' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 139 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Moderadamente salino sódico en profundidad
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Perchil Bajo:

- A 0-21cm; pardo (7.5 YR 5/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medio moderado; duro, friable, no plástico, no adhesivo; friable; raíces comunes; seco; límite claro suave; pH 6.9.

- B2 21-70 cm; pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco arcilloso; prismas compuestos medio moderado a bloques subangulares finos moderado; ligeramente duro, firme, plástico, adhesivo; moderado calcáreo; barnices abundantes; fresco; moteado; límite claro suave; pH 6.4.

- BC 70-105 cm; pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco; prismas compuestos finos débil a bloques subangulares finos moderado; ligeramente duro, friable, plástico, adhesivo; débil calcáreo; barnices abundantes; fresco; pH 6.6.

- IIC 105 cm +; arenoso franco.

Tabla 8.58 Datos analíticos del suelo. Perfil AC221 Perchil Bajo PeB

Horizonte	A	Bw	BC
Profundidad, (cm)	0-21	21-70	70-105
Arcilla, (%)	24	37	26
Limo, (%)	48	43	43
Arena, (%)	28	20	31
Textura	Franco	Franco arcilloso	Franco
Materia Orgánica (%)	1.57	1.67	1.03
Carbono Orgánico (%)	0.91	0.97	0.60
Nitrógeno total, (%)	0.09	0.08	0.06
Relación C/N	10	12	10
Fósforo, (p.p.m)	15	15	14
Carbonato de Ca %.	0	0	1.7
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	45	54	52
pH en pasta	6.9	6.4	6.6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	5.78	17.0	37.5
Calcio (meq/100 g)	13.5	12.9	nd
Magnesio (meq/100 g)	3.5	4.3	nd
Sodio (meq/100)	0.7	0.6	3.5
Potasio (meq/100 g)	1.46	1.42	1.60
C.I.C, (meq/100 g)	21.0	20.1	15.8
P.S.I, (%)	3	3	22
Cloruro soluble, (meq/l)	50	194	263

PLANICIE FLUVIO-EOLICA CHAQUEÑA – ANTIGUA PLANICIE ALUVIAL – DIQUE ALUIVAL – 6P

PERFIL: VG936 Garza Gar

El suelo Garza está caracterizado por los siguientes horizontes A, AC, C, desarrollados sobre acumulaciones arenosas de relieve plano convexo relativamente estabilizadas, que sobresalen como porciones ligeramente sobreelevadas de la llanura chaqueña.

Son suelos arenoso de textura arena franca que se encuentran en la parte central de la provincia.

Sus limitaciones de clima y baja retención de humedad determinan que su aptitud natural sea para ganadería. La disponibilidad de agua de riego los hace aptos para agricultura.

Se clasifica como Torripsamente típico y se ubican en la unidad cartográfica 6P.

Tabla 8.59 Información general del suelo. Perfil AC221 Perchil Bajo PeB

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 936	Vegetación: Cultivos
Nombre: Garza	Material original: Aluvial
Símbolo: Gar	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 6P	Posición: Llano
Clasificación taxonómica: Torripsamente típico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VI	Escurrimiento: Lento
Fecha: 03/89	Permeabilidad: Muy rápida
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Ubicación: Garza, Depto. San Martín, Santiago del Estero	Drenaje: Excesivamente drenado
Latitud: 28° 21' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 63° 31' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 129 m	Cobertura: 80 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis.: No salino
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Garza:

- A1 0-30 cm; pardo (7,5 YR 5/2) en seco; pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo; franco arenosa; masivo; límite gradual suave.
- AC 30-70 cm; pardo rojizo (5 YR 4/3) en seco; franco; arenosa; grano suelto; reacción débil de carbonatos en la masa; límite gradual suave.
- C 70 cm +; pardo rojizo (5 YR 5/3) en seco; franco arenosa; grano suelto; reacción moderada de carbonatos en la masa.

Tabla 8.60 Datos analíticos del suelo. Perfil AC221 Perchil Bajo PeB

Horizonte	A	AC	C
Profundidad, (cm)	0-30	30-70	70-100+
Arcilla, (%)	1	1	1
Limo, (%)	31	27	36
Arena, (%)	68	72	63
Textura	Franco arenosa	Franco arenosa	Franco arenosa
Materia Orgánica (%)	1.50	0.85	0.36
Carbono Orgánico (%)	0.87	0.49	0.21
Nitrógeno total, (%)	0.09	0.06	0.03
Relación C/N	nd	nd	nd
Fósforo, (p.p.m)	35	31	13
Carbonato de Ca %.	0	0.7	1.3
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	nd	nd	nd
pH en pasta	6.9	7.8	7.8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.50	0.76	1.54
Calcio (meq/100 g)	8.7	nd	Nd
Magnesio (meq/100 g)	2.4	nd	nd
Sodio (meq/100)	0.5	0.8	1.0
Potasio (meq/100 g)	1.55	1.55	1.19
C.I.C, (meq/100 g)	12.2	11.9	9.5
P.S.I, (%)	4	7	11
Cloruro soluble, (meq/l)	nd	Nd	nd

PERFIL: VG937 Yalan Yal

El suelo Yalan es profundo, con bajo contenido de materia orgánica, no salino, ligeramente sódico en profundidad, con una secuencia de horizontes A, AC, C, desarrollados sobre acumulaciones arenosas de relieve plano convexo relativamente estabilizadas, que sobresalen como porciones ligeramente sobreelevadas de la llanura chaqueña.

Son suelos arenoso de textura arena franca que se encuentran en la parte central de la provincia.

Sus limitaciones de clima y baja retención de humedad determinan que su aptitud natural sea para ganadería VIs. La disponibilidad de agua de riego los hace aptos para agricultura.

Se clasifican como Torripsamientos típicos y se ubica en la unidad cartográfica 6P.

Tabla 8.61 Información general del suelo. Perfil VG937 Yalan Yal

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 937	Vegetación: Cultivos-hortaliza
Nombre: Yalán	Material original: Aluvial
Símbolo: Yal	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 6P	Posición: Loma
Clasificación taxonómica: Torripsamente típico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VIs	Escurrimiento: Lento
Fecha: 01/89	Permeabilidad: Rápida
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Ubicación: 17 KM Sudeste Garza, Depto. San Martín, Santiago del Estero	Drenaje: Algo Excesivamente drenado
Latitud: 28° 15' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 33' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 131m	Cobertura: 80 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: Débilmente salino
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Yalán:

A: 0-35 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; franco arenosa; bloques subangulares muy débiles; límite claro suave.

CAPÍTULO IX

AC: 35-80 cm; pardo rojizo (5 YR 4/3) en húmedo; arenosa franca; grano suelto; límite gradual suave.

C: 80 cm +; pardo rojizo (5 YR 4/4) en húmedo; franca arenosa; grano suelto; reacción moderada de carbonatos en la masa.

Tabla 8.62 Datos analíticos del suelo. Perfil VG937 Yalan Yal

Horizonte	A	AC	C
Profundidad, (cm)	0-35	35-80	80+
Arcilla, (%)	3	1	2
Limo, (%)	31	27	31
Arena, (%)	66	72	67
Textura	Franco arenosa	Arenosa franca	Arenosa franca
Materia Orgánica (%)	0.93	0.52	0.31
Carbono Orgánico (%)	0.54	0.30	0.18
Nitrógeno total, (%)	0.07	0.04	0.03
Relación C/N	nd	nd	Nd
Fósforo, (p.p.m)	31	32	11
Carbonato de Ca %	0	0	1.4
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	100	100	
pH en pasta	7.3	7.6	7.6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.27	0.52	0.93
Calcio (meq/100 g)	8.0	6.5	-
Magnesio (meq/100 g)	1.9	2.3	-
Sodio (meq/100)	0.7	0.7	1.1
Potasio (meq/100 g)	1.55	0.82	0.77
C.I.C, (meq/100 g)	9.9	8.7	5.4
P.S.I, (%)	7	8	20
Cloruro soluble, (meq/l)			

PERFIL: AC235 El Yugo ElYu

Tabla 8.63 Información general del suelo. Perfil AC235 El Yugo ElYu

Información del sitio y general del suelo	
Nombre: El Yugo	Vegetación: Rastrojo
Símbolo: ElYu	Material original: Aluvial
Símbolo unidad cartográfica: 6P	Relieve: Subnormal cóncavo
Clasificación taxonómica: Torrifluvente ústico	Posición: Bajo
Capacidad de uso: VI	Pendiente: Area plana
Fecha: 15/08/10	Escurrimiento: Lento
Autor descripción: Angueira, C., E. Zamora	Permeabilidad: Moderado
Ubicación:	Erosión: Ligera
Latitud: 28° 19' S	Drenaje: Imperfectamente drenado
Longitud: 64° 07' O	Peligro anegamiento: Bajo peligro inundación
Altitud: 140 m	Distribución de Humedad: Uniforme
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Cobertura: 80 %
Vegetación: Rastrojo	Sales o álcalis: Ligeramente salino sódico
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo El Yugo:

- A 0-18 cm; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares finos medios débil; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; calcáreo débil; fresco; raíces abundantes; pH 6.8.
- AC 18-47 cm; pardo claro (7.5 YR 6/4) en seco y pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares medios débil; ligeramente duro, friable; no plástico, no adhesivo; calcáreo moderado; fresco; raíces comunes; pH 7.0.
- IIC pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/4) en seco 47-105 cm y pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco arcilloso limoso; prismas gruesos moderado; ligeramente duro, friable, plástico, adhesivo; calcáreo fuerte; fresco; raíces escasas; pH 6.8.

Tabla 8.64 Datos analíticos del suelo. Perfil AC235 El Yugo El Yu

Horizonte	A	AC	Capa II
Profundidad, (cm)	0-18	18-47	47-102
Arcilla, (%)	8	6	40
Limo, (%)	70	70	44
Arena, (%)	22	24	16
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco arcilloso limoso
Materia Orgánica (%)	2.03	0.40	1.00
Carbono Orgánico (%)	1.18	0.23	0.58
Nitrógeno total, (%)	0.11	0.08	0.08
Relación C/N	11	3	7
Fósforo, (p.p.m)	28	6	16
Carbonato de Ca %	1.3	1.2	0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	47	43	63
pH en pasta	6.8	7.0	6.8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	2.53	12.4	17.5
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.	14.5
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.	3.8
Sodio (meq/100)	0.8	1.5	2.8
Potasio (meq/100 g)	1.43	0.66	0.76
C.I.C, (meq/100 g)	13.6	10.0	18.8
P.S.I, (%)	6	15	15
Cloruro soluble, (meq/l)	19.4	114	187

PERFIL: AC241 La Cuchilla LaCu

Tabla 8.65 Información general del suelo. Perfil AC241 La Cuchilla LaCu

Información del sitio y general del suelo	
Nombre: La Cuchilla	Relieve: Normal subnormal
Símbolo: LaCu	Posición: Media loma
Símbolo unidad cartográfica: 6P	Pendiente: Areas plana
Clasificación taxonómica: Haplustol acuico	Escurrimiento: Medio
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderada
Fecha: 16/08/10	Erosión: Ligera
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Imperfectamente drenado
Ubicación: 2,1 km SO Fernández, Robles, SE.	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Latitud: 27° 52' S Longitud: 64° 00' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 164 m	Cobertura: 95 %
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Sales o álcalis: No salino no sódico
Vegetación: Trigo	Uso de la tierra: Agricultura
Material original: Aluvial	Profundidad de la napa: 2.60 m

Descripción del perfil de suelo La Cuchilla:

- A 0-22 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/3) en seco y pardo muy oscuro (10 y R 2/2) en húmedo; franco arcilloso; bloques subangulares finos fuerte; duro, firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; raíces escasas; límite claro suave; pH 7.2.
- Bw 22-44 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/3) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco; prismas medios fuerte a bloques subangulares finos moderado; duro, muy firme, plástico, adhesivo; barnices comunes; fresco; raíces escasas; limite claro suave; pH 7.3.
- BC 44-58 cm; pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco; bloques subangulares medios moderado; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; húmedo; pH 7.6.
- C1 58-130 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco a franco arcilloso; masivo; ligeramente duro, firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; húmedo; límite claro suave.
- C2k 130 cm +; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; franco a franco arcilloso; masivo; suelto; calcáreo moderado; mojado.

Tabla 8.66 Datos analíticos del suelo. Perfil AC241 La Cuchilla LaCu

Horizonte	A	Bw	BC	C1
Profundidad, (cm)	0-22	22-44	44-58	58-130
Arcilla, (%)	30	25	14	16
Limo, (%)	44	41	48	40
Arena, (%)	26	34	38	44
Textura	Franco arcilloso	Franco	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	2.47	0.93	0.47	0.33
Carbono Orgánico (%)	1.59	0.54	0.27	0.19
Nitrógeno total, (%)	0.14	0.06	0.05	0.03
Relación C/N	11	9	6	6
Fósforo, (p.p.m)	20	4	6	24
Carbonato de Ca %	0	0	0	0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	42	32	29	27
pH en pasta	7.2	7.3	7.6	7.6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.64	0.56	0.70	0.98
Calcio (meq/100 g)	11.1	9.9	6.5	8.9
Magnesio (meq/100 g)	3.8	2.9	2.3	3.3
Sodio (meq/100)	0.9	1.0	1.0	1.2
Potasio (meq/100 g)	2.10	1.47	1.06	1.38
C.I.C, (meq/100 g)	18.8	14.2	11.8	11.6
P.S.I, (%)	5	7	9	10
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	< 5	< 5

PERFIL: AC243 Bajo Grande BaG

Tabla 8.67 Información general del suelo. Perfil AC243 Bajo Grande BaG

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 243	Vegetación: Jume, vinal, atamisqui, quimil, herbáceas
Nombre: Bajo Grande	Material original: Aluvial
Símbolo: BaG	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 6P	Posición: Media loma
Clasificación cartográfica: Torriortente típico salino	Pendiente: Areas plana
Capacidad de uso: VI	Escurrimiento: Medio
Fecha: 17/08/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 8,1 km SO Taboada, San Martín, SE	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Latitud: 28° 04' S Longitud: 63° 47' O	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Altitud: 144 m	Distribución de Humedad: Uniforme
Paisaje: Planicie fluvio-eólica	Cobertura: 20 %
	Sales o álcalis: Salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Bajo Grande:

A 0-23 cm; pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo muy oscuro (10 YR 3/3,5) en húmedo; franco; bloque subangular gruesa fuerte; duro, friable; calcáreo moderado; seco; raíces escasas; límite claro suave; pH 7.3.

AC 23-50 cm; pardo muy oscuro (10 YR 3/3) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en seco; franco; bloques angulares medios fuerte; duro, extremadamente firme; calcáreo débil; seco; límite claro suave; pH 7.6.

C 50-85 cm; pardo oscuro a pardo (10 YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco; franco; bloques subangulares finos débil; blando, friable; calcáreo fuerte; seco; pH 7.6.

Tabla 8.68 Datos analíticos del suelo. Perfil AC243 Bajo Grande BaG

Horizonte	A	AC	C
Profundidad, (cm)	0-23	23-50	50--85
Arcilla, (%)	13	15	13
Limo, (%)	43	48	47
Arena, (%)	44	37	40
Textura	Franco	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	2.03	0.69	0.38
Carbono Orgánico (%)	1.18	0.40	0.22
Nitrógeno total, (%)	0.10	0.04	0.04
Relación C/N	12	10	6
Fósforo, (p.p.m)	55	30	10
Carbonato de Ca %.	0.9	1.4	6.1
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	35	41	39
pH en pasta	7.3	7.6	7.6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	18.7	53.0	66.5
Calcio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Sodio (meq/100)	3.0	4.2	4.2
Potasio (meq/100 g)	1.86	1.93	1.80
C.I.C, (meq/100 g)	14.7	13.6	12.8
P.S.I, (%)	21	31	33
Cloruro soluble, (meq/l)	157	317	405

VALLE (RIO DULCE)–TERRAZA MEDIA–ALBARDON Y DESBORDES (mt)–7D

PERFIL: AC237 San Andrés San

Tabla 8.69 Información general del suelo. Perfil AC237 San Andrés San

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 237	Vegetación: Vinal, itín, brea, jarilla, quimil
Nombre: San Andrés	Material original: Aluvial
Símbolo: SAn	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 7P	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico franco limoso	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso:	Eskurrimiento: Medio
Fecha: 16/08/10	Permeabilidad: Moderado
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 4,5 km E Nueva Francia, Silípica, SE	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 28° 10' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 09' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 149 m	Cobertura: 40 %
Paisaje: Valle	Sales o álcalis: Moderadamente salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo San Andrés:

- A** 0-23cm; pardo (7.5 YR 4/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios moderado; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; fresco; raíces escasas; pH 6.1.
- Bw** 23-50 cm; pardo (7.5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco; prismas gruesos medios débil; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; barnices comunes; fresco; pH 6.4.
- Ck** 50 cm +; pardo fuerte (7.5 YR 4/6) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; bloques subangulares muy fino débil; blando, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; calcáreo fuerte; barnices escasos; fresco; pH 6.7.

Tabla 8.70 Datos analíticos del suelo. Perfil AC237 San Andrés San

Horizonte	A	Bw	Ck
Profundidad, (cm)	0-23	23-50	+ 50
Arcilla, (%)	19	16	19
Limo, (%)	63	68	61
Arena, (%)	18	16	20
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Materia Orgánica (%)	4.34	1.16	1.41
Carbono Orgánico (%)	2.52	0.67	0.82
Nitrógeno total, (%)	0.21	0.09	0.08
Relación C/N	12	8	10
Fósforo, (p.p.m)	25	9	9
Carbonato de Ca %	0	0	1.9
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	56	55	62
pH en pasta	6.1	6.4	6.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	42.5	19.2	37.0
Calcio (meq/100 g)	9.4	10.0	nd.
Magnesio (meq/100 g)	1.3	1.9	nd.
Sodio (meq/100)	2.4	2.5	2.5
Potasio (meq/100 g)	1.17	1.10	1.13
C.I.C, (meq/100 g)	15.4	13.8	11.0
P.S.I, (%)	16	18	23
Cloruro soluble, (meq/l)	337	236	268

VALLE (RIO DULCE) – TERRAZA BAJA – ALBARDON Y DESBORDES (It) – 8D

PERFIL: AC233 Langunillas Lagu

Tabla 8.71 Información general del suelo. Perfil AC233 Langunillas Lagu

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 233	Material original: Aluvial
Nombre: Lagunillas	Relieve: Subnormal cóncavo
Símbolo: Lagu	Posición: Bajo
Símbolo unidad cartográfica: 8D	Pendiente: Area plana
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico franco limoso	Escurrimiento: Lento
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderada
Fecha: 15/08/10	Erosión: Ligera
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Ubicación: Lote 28 Artaza Aldo. Aprox. 28° 18' S, 64° 13' O	Peligro anegamiento: Muy poco inundable
Altitud: 140 m	Distribución de Humedad: No uniforme
Paisaje: Valle	Cobertura: 70 %
Vegetación: Rastrojo	Profundidad de la napa: 1,5 m
	Sales o álcalis: No salino ligeramente sódico
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo Lagunillas:

- A 0-20cm; pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; bloques dos medios moderado a masivo; duro, firme, ligeramente plástico, no adhesivo; débil calcáreo; fresco; límite claro suave; pH 7.8.
- Bw 20-50 cm; pardo claro (7 5 YR 6/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco limoso; prismas gruesos moderado; duro, firme, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; barnices escasos; húmedo; 8.0.
- C 50 cm +; pardo (7 5 YR 5/4) en seco y pardo a pardo fuerte (7 5 YR 4/4) en húmedo; franco; masivo; ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; concreciones escasas; barnices escasos; mojado; 7.8.

Tabla 8.72 Datos analíticos del suelo. Perfil AC233 Langunillas Lagu

Horizonte	A	Bw	C
Profundidad, (cm)	0-20	20-50	+ 50
Arcilla, (%)	14	13	16
Limo, (%)	54	52	49
Arena, (%)	32	35	35
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco
Materia Orgánica (%)	2.64	0.79	0.17
Carbono Orgánico (%)	1.53	0.46	0.10
Nitrógeno total, (%)	0.15	0.05	0.02
Relación C/N	10	9	5
Fósforo, (p.p.m)	14	9	9
Carbonato de Ca .	1.2	1.8	2.0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	42	31	34
pH en pasta	7.8	8.0	7.8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.08	0.66	0.68
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.
Sodio (meq/100)	0.9	1.2	1.4
Potasio (meq/100 g)	1.00	1.09	1.04
C.I.C, (meq/100 g)	16.8	14.0	14.2
P.S.I, (%)	5	9	10
Cloruro soluble, (meq/l)	2.1	< 5	< 5

PERFIL: AC240 Talan Tal

Tabla 8.73 Información general del suelo. Perfil AC240 Talan Tal

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 240	Paisaje: Valle
Nombre: Talan	Vegetación: Algarrobo, tala, ancocha
Símbolo: Tal	Material original: Aluvial
Símbolo unidad cartográfica: 8D	Relieve: Normal subnormal
Clasificación taxonómica :Haplustol típico franco arenoso	Posición: Bajo
Capacidad de uso: VI	Pendiente: Area plana
Fecha: 16/08/10	Escurrimiento: Medio
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Ubicación: 3,4 km NE Sumamao, Silípicia, SE	Erosión: Nula
Latitud: 28° 08' S	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Longitud: 64° 04' O	Peligro anegamiento: Inundable
Altitud: 151 m	Distribución de Humedad: Uniforme
	Cobertura: 70 %
	Sales o álcalis: Debilmente salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Talan:

A 0-23 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arenoso; granular; suelto, suelto, no plástico, no adhesivo; húmedo; pH 6.8.

- II 23-90 cm; pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; franco arenoso; granular; suelto, suelto, no plástico, no adhesivo; húmedo; raíces escasas; pH 8.2.
- III 90 cm +; pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en húmedo y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; suelto, no plástico, no adhesivo; débil calcáreo; húmedo; pH 8.2.

Tabla 8.74 Datos analíticos del suelo. Perfil AC240 Talan Tal

Horizonte	A	II
Profundidad, (cm)	0-23	23-90
Arcilla, (%)	6	3
Limo, (%)	44	36
Arena, (%)	50	61
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso
Materia Orgánica (%)	3.46	0.10
Carbono Orgánico (%)	2.01	0.06
Nitrógeno total, (%)	0.20	0.04
Relación C/N	10	2
Fósforo, (p.p.m)	21	6
Carbonato de Ca %	1.1	c.c.
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	44	36
pH en pasta	6.8	8.2
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	6.05	1.30
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.
Sodio (meq/100)	0.8	2.1
Potasio (meq/100 g)	0.91	0.43
C.I.C, (meq/100 g)	13.1	7.8
P.S.I, (%)	6	27
Cloruro soluble, (meq/l)	36	4.1

VALLE (RIO DULCE) – PLANICIE DE INUNDACION ACTIVA – RIO -9D

PERFIL: AC 239 Sumamao Sum

Tabla 8.75 Información general del suelo. Perfil AC 239 Sumamao Sum

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 239	Vegetación: Algarrobo, tala, mistol, itin, jume
Nombre: Sumamao	Material original: Aluvial
Símbolo: Sum	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 9D	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Natrargide ustólico franco limoso	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VI	Ecurrimiento: Lento
Fecha: 16/08/10	Permeabilidad: Moderadamente lenta
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 0,5 km SO Sumamao, Silípica, SE	Drenaje: Imperfectamente drenado
Latitud: 28° 10' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 05' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 152 m	Cobertura: 40 %
Paisaje: Valle	Sales o álcalis: Salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Sumamao:

- A 0-18 cm; pardo claro (7.5 YR 6/4) en seco y pardo oscuro (7.5 YR 4/6) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares finos débil; blando, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; calcáreo débil; pH 6.9.
- E 18-40 cm; gris rosado (7.5 YR 7/2) en seco y pardo oscuro a pardo (7.5 YR 4/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares finos débil a masivo; blando, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; calcáreo débil; pH 7.1.
- Bt 40-56 cm; pardo claro (7.5 YR 6/4) en seco y pardo (7.5 YR 5/4) en húmedo; bloques subangulares medio fuerte a masivo; ligeramente duro, firme, plástico, adhesivo; calcáreo moderado; barnices comunes; pH 7.5.
- BC 56 cm +

Tabla 8.76 Datos analíticos del suelo. Perfil AC 239 Sumamao Sum

Horizonte	A	E	Bt
Profundidad, (cm)	0-18	18-40	40-56
Arcilla, (%)	19	6	24
Limo, (%)	72	60	56
Arena, (%)	22	32	20
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco limoso
Materia Orgánica (%)	1.15	0.59	1.15
Carbono Orgánico (%)	0.67	0.34	0.67
Nitrógeno total, (%)	0.07	0.04	0.05
Relación C/N	10	9	13
Fósforo, (p.p.m)	24	14	19
Carbonato de Ca %	0	0.7	3.1
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	46	42	52
pH en pasta	6.9	7.1	7.5
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.59	11.2	46.5
Calcio (meq/100 g)	5.5	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	2.2	nd.	nd.
Sodio (meq/100)	0.7	1.9	13.0
Potasio (meq/100 g)	1.60	1.02	1.36
C.I.C, (meq/100 g)	12.0	11.8	15.4
P.S.I, (%)	6	16	28
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	57	150

PERFIL: AC55 Upianita Up

El suelo Upianita es un suelo excesivamente drenado ligeramente alcalino y no salino desarrollado incipientemente sobre antiguos depósitos de albardón del Río Dulce.

El horizonte superficial de 12 cm de espesor es de color pardo oscuro, de textura arenosa, con estructura en bloques subangulares débiles a grano simple, con ligera sodicidad. Hacia abajo pasa al substrato (Horizonte C) que se extiende hasta los 72 cm,

de color pardo, textura arenosa, sin estructura (grano simple), con ligera alcalinidad sódica y no salino. A mayor profundidad sigue una capa, de color gris rosado, arenosa, sin estructura (grano simple), con ligera alcalinidad sódica. No se ha observado la capa freática, ni evidencias alguna de su presencia. Se observan variaciones con respecto a la profundidad de la capa de arena, entre 40 a 80 cm.

Estos suelos están limitados severamente por baja retención de humedad, fertilidad y mesorelieve.

Se clasifica como Torripsamment ústico franca gruesa hipertérmica, constituyen la serie de suelos Upianita y se ubican en la unidad cartográfica 9D.

Tabla 8.77 Información general del suelo. Perfil AC55 Upianita Up

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 55	Vegetación: Pastura natural con cactáceas
Nombre: Upianita	Material original: Aluvial
Símbolo: Up	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 9D	Posición: Media loma
Clasificación taxonómica: Torripsamment ústico	Pendiente: Llanura
Capacidad de uso: VIIsc	Escurrimiento: Rápido
Fecha: 05/01	Permeabilidad: Excesivamente rápida
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 2 Km al E de Villa Silípica, Dpto. Capital, Santiago del Estero	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 28° 06' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 64° 07' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 155 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Valle	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Ganadería Cría

Descripción técnica del perfil de suelo Upianita:

- A 0-12 cm; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; arenoso; bloques subangulares muy finos débiles; muy friable; no plástico; no adhesivo; raíces escasas; límite claro y suave; pH 7.3
- C 12-72 cm; pardo amarillento oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; arenoso; grano simple; suelto; muy friable; no plástico; no adhesivo; escasas raíces; límite abrupto y suave; pH 6.3
- II 72 + cm; gris rosado (7,5 YR 6/2) en húmedo; arena fina; grano simple; suelto; muy friable.



Tabla 8.78 Datos analíticos del suelo. Perfil AC55 Upianita Up

Horizonte	A	C
Profundidad, (cm)	0-12 cm	> 12 cm
Arcilla, (%)	95	94
Limo, (%)	3	5
Arena, (%)	2	1
Textura	Arenoso	Arenoso
Materia Orgánica (%)	27	30
Carbono Orgánico (%)	7,3	6,3
Nitrógeno total, (%)	0,14	0,16
Relación C/N	0	0
Fósforo, (p.p.m)	0,09	0,35
Carbonato de Ca %	0,16	0,6
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	0,03	0,05
pH en pasta	3	7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	22	36
Calcio (meq/100 g)	0,2	0,2
Magnesio (meq/100 g)	0,29	0,25
Sodio (meq/100)	1,6	1,5
Potasio (meq/100 g)	0,8	0,4
C.I.C, (meq/100 g)	3,2	2,9
P.S.I, (%)	0,2	6,9
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5
Profundidad de Muestreo (cm)	< 20	< 20

**PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) – VALLE FLUVIAL
ACTIVO – PLANICIE DE DESBORDAMIENTO – 10S**

PERFIL: AC201 Mayu Puntan MPu

Tabla 8.79 Información general del suelo. Perfil AC201 Mayu Puntan MPu

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 201	Vegetación: quimil, vinal, tala, quebracho blanco
Nombre: Mayu Puntan	Material original: Aluvial
Símbolo: MPu	Relieve: Normal Subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 10S	Posición: Media loma baja
Clasificación taxonómica: Natrustol arídico, moderadamente salino	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIs	Escurrimiento: Muy lento
Fecha: 13/07/01	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligeramente
Ubicación: 4 km SO San Pablo, Figueroa, SE	Drenaje: Imperfectamente drenado
Latitud: 27° 28 S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 63° 42' O	Dist. Humedad: No uniforme
Altitud: 152 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Sales o álcalis: Fuertemente sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Mayu Puntan:

- A2 0-12 cm; pardo oscuro (7,5 YR 3,5/2) en húmedo y pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco; franco; prisma compuestos irregulares gruesa moderada a bloques subangulares media a gruesa moderada; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; raíces comunes; límite abrupto suave; pH 6,3.
- B2 12-44 cm; pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo y pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco; franco arcilloso; prismas media fuerte a bloques subangulares gruesa fuerte; duro, firme, plástico, adhesivo; barnices escasos; seco; raíces comunes; límite gradual suave; pH 6,1.
- B3 44-90 cm; pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo y pardo (7,5 YR 5/4) en seco; franco; masiva a bloques subangulares media débil; ligeramente duro, friable, plástico, adhesivo; barnices escasos; fresco; raíces escasas; micelios escasos; límite claro suave; pH 6,3.

C 90 cm +; pardo fuerte (7,5 YR 4/6) en húmedo y pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco; franco; masiva; ligeramente duro, firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; fresco; pH 7,4.

Tabla 8.80 Datos analíticos del suelo. Perfil AC201 Mayu Puntan MPu

Horizonte	A	Bw	B3	C1
Profundidad, (cm)	0-12	12-44	44-90	+ 90
Arcilla, (%)	18	35	26	22
Limo, (%)	40	43	48	46
Arena, (%)	42	22	26	32
Textura	Franco	Franco arcillos	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	3.10	0.62	0.29	< 0.10
Carbono Orgánico (%)	1.80	0.36	0.17	< 0.05
Nitrógeno total, (%)	0.16	0.05	0.02	0.02
Relación C/N	11	7	9	nd
Fósforo, (p.p.m)	19	23	29	16
Carbonato de Ca %.	0	0	0	3.0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	42	49	42	44
pH en pasta	6.3	6.1	6.3	7.4
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.87	10.6	36.0	16.3
Calcio (meq/100 g)	7.1	7.4	4.4	nd
Magnesio (meq/100 g)	1.6	1.9	3.2	nd
Sodio (meq/100)	0.8	2.1	2.5	1.8
Potasio (meq/100 g)	0.73	0.62	0.66	1.14
C.I.C, (meq/100 g)	15.8	13.8	12.6	11.6
P.S.I, (%)	5	15	20	16
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	64	120	102

PERFIL: AC200 San Antonio San

El suelo San Antonio se caracteriza por una discontinuad de material original: I, IIA, IIB2, IIB3, IIC1. La capa superficial es arcillosa, estructura con prismas compuestos irregulares, bien provista de materia orgánica, fósforo, débilmente salino. Los B2, B3 y Ca son franco limosos a franco, salino sódicos y neutro. Pueden tener encharcamiento periódico cierto tiempo.

Se encuentran en ambiente de planicie aluvial del Río Salado y ocupan sectores en los derrames distales plano suave o suavemente ondulada.

Tienen aptitud ganadera, son suelos marginales para agricultura. Se clasifican como Haplustalfes típicos/ Natrargid NO, y en esta cartografía en la unidad de mapeo 10S.

Tabla 8.81 Información general del suelo. Perfil AC200 San Antonio San

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 200	Paisaje: Planicie aluvial migratoria
Nombre: San Antonio	Vegetación: Jume, vinal, quimil, brea
Símbolo: San	Material original: Aluvial
Símbolo unidad cartográfica: 10S	Relieve: Subnormal cóncavo
Clasificación taxonómica: Natrargid típico (moderadamente salino)	Posición: Bajo
Capacidad de uso: VIIs	Pendiente: Area plana
Fecha: 13/07/01	Escurrimiento: Lento
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Permeabilidad: Moderada
Ubicación: 6.5 km E de San Pablo, Figueroa, SE	Erosión: Nula
Latitud: 27° 27' S	Drenaje: Imperfectamente drenado
Longitud: 63° 37' O.	Peligro anegamiento: Poco inundable
Altitud: 155 m	Distribución de la Humedad: Uniforme
	Cobertura vegetal: 40 %
	Sales o álcalis: Fuertemente salino sódico
	Uso de la tierra: Ganadería

Descripción del perfil de suelo San Antonio:

- I 0-13 cm; pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en seco y pardo muy oscuro (7,5 YR) en húmedo; arcilloso; prismas compuestos irregulares gruesa moderada a bloques subangulares media moderada; ligeramente duro, friable, plástico, adhesivo; débil calcáreo; fresco; raíces comunes; limite abrupto suave; pH 7,6.
- IIA 13-24cm; pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 4/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares media moderada a débil; ligeramente duro, friable, plástico, adhesivo; moderado calcáreo; fresco; raíces comunes; micelios escasos; límite claro suave; pH 7,5.
- Bw 24-42 cm; pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo; franco; bloques subangulares media débil a masiva; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; fresco; raíces escasas; micelios moderados; limite gradual suave; pH 7,4.
- B3 42-60 cm; amarillo rojizo (7,5 YR 6/6) en seco y pardo fuerte (7 5 YR 4/6) en húmedo; franco; masiva; ligeramente dura, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; fresco; raíces escasas; micelios moderados; limite gradual suave; pH 7,5.
- C1 60 cm +; rosado (7,5 YR 7/4) en seco y pardo fuerte (7 5 YR 4/6) en húmedo; franco; masiva; ligeramente dura, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; fresco; raíces escasas; micelios moderados; pH 7,7.

Tabla 8.82 Datos analíticos del suelo. Perfil AC200 San Antonio San

Horizonte	I	A	Bw	B3	C1
Profundidad, (cm)	0-13	13-24	24-42	42-60	+ 60
Arcilla, (%)	60	10	13	13	15
Limo, (%)	30	54	51	49	47
Arena, (%)	10	36	36	38	38
Textura	Arcilloso	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	2.52	0.45	0.29	0.10	0.10
Carbono Orgánico (%)	1.46	0.26	0.17	0.06	0.06
Nitrógeno total, (%)	0.14	0.02	0.02	0.03	0.02
Relación C/N	11	13	9	2	3
Fósforo, (p.p.m)	18	12	12	9	7
Carbonato de Ca %.	2.6	2.2	1.8	2.5	2.3
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	60	37	39	40	39
pH en pasta	7.6	7.5	7.4	7.5	7.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	4.38	16..5	19.1	16.2	46.0
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.
Sodio (meq/100)	2.7	2.9	3.0	2.8	3.5
Potasio (meq/100 g)	1.26	0.87	0.99	1.09	1.00
C.I.C, (meq/100 g)	24.6	12.8	13.1	11.8	11.6
P.S.I, (%)	11	23	23	24	30
Cloruro soluble, (meq/l)	31	118	154	133	310

**PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) – VALLE FLUVIAL
ACTIVO – ALBARDON – 11S**

PERFIL: AC203 San Agustin SAg

Tabla 8.83 Información general del suelo. Perfil AC203 San Agustin SAg

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 203	Vegetación: Brea, quimil, jume, vinal
Nombre: San Agustín	Material original: Aluvial
Símbolo: SAg	Relieve: Normal subnormal
Símbolo de unidad cartográfica: 11S	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Natrustalf arídico fino fluvial	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIIs	Escurrimiento: Medio
Fecha: 13/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Grave
Ubicación:	Drenaje: Imperfectamente drenado
Latitud: 27° 27' S	Peligro anegamiento: Inundable
Longitud: 63° 46' O	Dist. Humedad: No Uniforme
Altitud: 156 m	Cobertura: 60 %
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Sales o álcalis: Salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo San Agustín:

- A 0-24 cm; pardo oscuro (7 5 YR 3,5/2) en húmedo, gris rosáceo (7 5 YR 6/2) en seco; franco a franco arcilloso; bloques aplanados medios moderados a bloques subangulares fino fuerte; duro, plástico, adhesivo; moderado calcáreo; seco;
- B2: 24-42 cm; pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo, pardo (7 5 YR 5/4) en seco; franco arcilloso limoso; bloques subangulares medios moderados; ligeramente duro, plástico y adhesivo; moderado calcáreo; barnices escasos; fresco;
- B3 42-70 cm; pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo, pardo claro (7 5 YR 6/4) en seco; franco limoso; bloques subangulares medios moderados; ligeramente duro; moderado calcáreo; fresco; micelios escasos;
- C1 70 cm +; pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo; amarillo rojizo (7 5 YR 6/6) en seco; franco; masiva a bloques subangulares finos débiles; ligeramente duro; fresco.

Tabla 8.84 Datos analíticos del suelo. Perfil AC203 San Agustín SAg

Horizonte	A	Bw	B3	C1
Profundidad, (cm)	0-24	24-42	42-70	+ 70
Arcilla, (%)	16	20	22	15
Limo, (%)	58	56	50	39
Arena, (%)	26	24	28	46
Textura	Franco limoso	Franco limoso	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	2.36	0.34	0.24	0.14
Carbono Orgánico (%)	1.37	0.20	0.14	0.08
Nitrógeno total, (%)	0.14	0.03	0.02	0.01
Relación C/N	10	7	7	-
Fósforo, (p.p.m)	16	37	33	15
Carbonato de Ca %.	1.1	1.2	1.2	1.9
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	41	52	43	37
pH en pasta	8.2	8.0	7.7	7.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	2.06	19.9	15.7	80.5
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.	nd.
Sodio (meq/100)	2.9	4.0	3.0	4.9
Potasio (meq/100 g)	1.43	1.92	1.57	0.88
C.I.C, (meq/100 g)	17.4	12.0	10.8	8.8
P.S.I, (%)	17	33	28	56
Cloruro soluble, (meq/l)	7.0	143	77	385

PERFIL: AC202 La Ramada LaR

Tabla 8.85 Información general del suelo. Perfil AC202 La Ramada LaR

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 202	Vegetación: Quebracho blanco, brea, chañar, quimil, garabato, jume
Nombre: La Ramada	Material original: Aluvial
Símbolo: LaR	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 11S	Posición: Media loma
Clasificación taxonómica: Torriortent ústico moderadamente salino	Pendiente: Area plana, plano moderadamente ondulado
Capacidad de uso: VIs	Escurrimiento: Medio a lento
Fecha: 13/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 2 km O San Pablo, Figueroa, SE	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 27° 28' S	Peligro de anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 63° 43' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 154 m	Cobertura: 70 %
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Sales o álcalis: Salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo La Ramada:

- A 0-27 cm; pardo oscuro (7,5 YR 3/4) en húmedo y gris rosáceo (7,5 YR 6/2) en seco; franco limoso; bloques subangulares media moderada; ligeramente duro, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; calcáreo moderado; seco; limite claro suave; pH 7,7.
- AC 27-50 cm; Pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo y pardo claro (7,5 YR 6/4) en seco; franco arcilloso; bloques subangulares media débil a masiva; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; calcáreo moderado; seco; limite claro suave; pH 7,4.
- Csa 50 cm +; pardo fuerte (7,5 YR 4/6) en húmedo y amarillo rojizo (7,5 YR 6/6) en seco; franco limoso; masiva; ligeramente dura, friable, no plástico, no adhesivo; calcáreo fuerte; seco; pH 7,5.

Tabla 8.86 Datos analíticos del suelo. Perfil AC202 La Ramada LaR

Horizonte	A	AC	Csa
Profundidad, (cm)	0-27	27-50	+ 50
Arcilla, (%).	14	10	14
Limo,(%).	52	50	44
Arena, (%)	34	40	42
Textura	Franco Limoso	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	1.40	0.43	< 0.10
Carbono Orgánico (%)	0.81	0.25	< 0.05
Nitrógeno total, (%)	0.10	0.05	0.04
Relación C/N	8	5	-
Fósforo, (p.p.m)	12	11	11
Carbonato de Ca %.	1.0	2.2	2.7
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	38	41	40
pH en pasta	7.7	7.4	7.5
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.79	49.0	65.0
Calcio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.
Magnesio (meq/100 g)	nd.	nd.	nd.
Sodio (meq/100)	1.6	3.8	4.0
Potasio (meq/100 g)	1.06	0.61	0.89
C.I.C, (meq/100 g)	12.4	10.6	11.0
P.S.I, (%)	13	36	36
Cloruro soluble, (meq/l)	7.7	271	394

PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) – PLANICIE DE INUNDACION ACTIVA – TERRAZA BAJA Y BAÑADO – 12S

PERFIL: VG450 Villa Vil

El suelo Villa está constituido por una secuencia de capas aluviales de textura y espesor variable, con signos de hidromorfismo y manchas blancas correspondientes a sales solubles.

Se encuentran en superficies aledañas al cauce del río Salado, algunas veces en situación de llanura aluvial y otras como terrazas del río. Ocupan áreas de situación topográfica intermedia entre la llanura del río Salado y la llanura chaqueña estabilizada.

Se trata de suelos de aptitud marginal VIIws.

Se clasifica como Torrifluente típico y se ubica en la unidad cartográfica 12S.

Tabla 8.87 Información general del suelo. Perfil VG450 Villa Vil

Información del sitio y general del suelo	
Observación: VG 450	Vegetación: Arbustal con plantas halófilas.
Nombre: Villa	Material original: Aluvial
Símbolo: Vil	Relieve: Subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 12S	Posición: Explanada
Clasificación taxonómica: Torrifluvente típico	Pendiente: Llano
Capacidad de uso: VIIws	Escurrimiento: Lento
Fecha: 09/87	Permeabilidad: Moderadamente lenta
Autor descripción: Vargas Gil, J. R.	Erosión: Nula o sin erosión
Ubicación: 3 km al SE de VFigueroa, Depto. Figueroa, Santiago del Estero	Drenaje: Pobremente drenado
Latitud: 27° 43' S	Peligro anegamiento: Inundable
Longitud: 63° 30' O	Distribución de Humedad: No uniforme
Altitud: 142 m	Cobertura: 40 %
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Sales o álcalis.: Fuertemente salino
	Profundidad de la Napa: 1.50 m
	Uso de la tierra: Bosque natural, Matorral

Descripción del perfil de suelo Villa:

- I 0-23cm; pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares medios moderados; reacción fuerte de carbonatos en la masa; límite abrupto suave.
- II 23-53 cm; pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo; franco limosa; bloques subangulares medios moderados; reacción moderada de carbonatos en la masa; moteado común medio y preciso; límite abrupto suave.
- III 53-100 cm; pardo rojizo (5 YR 5/4) en húmedo; franco arenosa; grano suelto; reacción débil de carbonatos en la masa; moteado abundante grueso y sobresaliente.

Tabla 8.88 Datos analíticos del suelo. Perfil VG450 Villa Vil

Horizonte	I	II	III
Profundidad, (cm)	0-23	23-53	53-100
Arcilla, (%).	11.4	9	7.8
Limo, (%).	63	65	33.8
Arena, (%)	25.6	26	54.4
Textura	Franco limosa	Franco limosa	Franco arenosa
Materia Orgánica (%)	3.53	0.62	0.35
Carbono Orgánico (%)	2.05	0.36	0.20
Nitrógeno total, (%)	0.17	0.04	0.02
Relación C/N	nd	nd	nd
Fósforo, (p.p.m)	2.3	2.2	2.2
Carbonato de Ca %.	3.0	2.5	0.9
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	nd	nd	Nd
pH en pasta	7.9	8.2	7.9
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	1.94	4.31	12
Calcio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	nd	nd	nd
Sodio (meq/100)	2.47	5.15	2.50
Potasio (meq/100 g)	2.25	1.87	0.94
C.I.C, (meq/100 g)	21.2	12.2	9.08
P.S.I, (%)	11.7	42	28
Cloruro soluble, (meq/l)			

PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) – PLANICIE FLUIVO-EOLICA REMANENTE – PLANO ALUVIAL – 13S

PERFIL: AC247 Maria Rosa MaRo

Tabla 8.89 Información general del suelo. Perfil AC247 Maria Rosa MaRo

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 247	Vegetación: Gatton panic
Nombre: María Rosa	Material original: Eolico sobre aluvial
Símbolo: MaRo	Relieve: Normal Subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 13S	Posición: Pie de loma
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico franco	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: Vics	Escurrimiento: Medio
Fecha: 17/08/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 8,6 km NE Taboada, San Martín, SE	Drenaje: Bien drenado
27° 59' S, 63° 39' O	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Altitud: 144 m	Distribución de Humedad: Uniforme
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Cobertura: 80 %
	Sales o álcalis: Salino sódico
	Uso de la tierra: Ganadería

Descripción del perfil de suelo María Rosa:

- A 0-20 cm; pardo oscuro a pardo (10 YR 4/3) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10 y R 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios fuerte; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; fresco; raíces comunes; límite claro suave; pH 7.2.
- Bw 20-43 cm; pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco; bloques subangulares medios débil; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, no adhesivo; barnices escasos; fresco; raíces escasas; límite claro suave; pH 7.2.
- BC 43-74 cm; pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo oscuro a pardo (10 YR 4/3) en húmedo; franco; bloques subangulares finos débil; ligeramente duro, firme, no plástico, no adhesivo; barnices escasos; fresco; raíces escasas; límite claro suave; pH 7.4.
- C1k 74 cm +; pardo muy claro (10 YR 7/3) en seco y pardo pálido (10 YR 6/3) en húmedo; masivo; blando; calcáreo moderado; 7.7.

Tabla 8.90 Datos analíticos del suelo. Perfil AC247 Maria Rosa MaRo

Horizonte	A	Bw	BC	C1k
Profundidad, (cm)	0-20	20-43	43-74	+ 74
Arcilla, (%)	16	15	16	14
Limo, (%)	48	47	48	50
Arena, (%)	36	38	36	36
Textura	Franco	Franco	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	2.16	1.16	0.64	0.36
Carbono Orgánico (%)	1.25	0.67	0.37	0.21
Nitrógeno total, (%)	0.13	0.08	0.05	0.05
Relación C/N	10	8	8	4
Fósforo, (p.p.m)	18	5	13	17
Carbonato de Ca %.	0	0	0	2.0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	41	39	41	38
pH en pasta	7.2	7.2	7.4	7.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	3.95	10.8	18.5	19.4
Calcio (meq/100 g)	7.7	5.9	4.5	nd
Magnesio (meq/100 g)	3.1	3.9	2.9	nd
Sodio (meq/100)	0.8	2.0	2.8	3.0
Potasio (meq/100 g)	0.82	0.64	0.85	0.83
C.I.C, (meq/100 g)	14.8	12.7	12.6	12.5
P.S.I, (%)	5	16	22	24
Cloruro soluble, (meq/l)	38.3	118	164	145

PERFIL: AC204 San Isidro SI

Tabla 8.91 Información general del suelo. Perfil AC204 San Isidro SI

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 204	Vegetación: Sorgo
Nombre: San Isidro	Material original: Eólico sobre aluvial
Símbolo: SI	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 13S	Posición: Media loma
Clasificación taxonómica: Haplustol	Pendiente: Plana suavemente ondulada
torriorténtico franco grueso	Escurrimiento: Medio a lento
Capacidad de uso: VI	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Fecha: 13/07/10	Erosión: Nula
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Bien drenado
Ubicación: 23.5 km NO La Cañada, Figueroa, SE	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Aprox. 27° 32' S, 63° 55' O	Dist. Humedad: No uniforme
Altitud: 160 m	Cobertura vegetal: 90 %
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Profundidad de la napa: No se observa
	Sales o álcalis: No salino
	Uso de la tierra: Agricultura

Descripción del perfil de suelo San Isidro:

A 0-25 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, pardo claro (10 YR 6/3) en seco; franco; bloques subangulares finos y medios moderados; duro, firme; no plástico, no adhesivo; nulo calcáreo; seco; raíces abundantes; limite claro suave, pH 7,1.

CAPÍTULO IX

AC 25-59cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo, pardo claro (10 YR 6/3) en seco; franco; bloques subangulares finos débiles; duro, friable, no plástico, no adhesivo; fresco; raíces comunes; micelios escasos; límite claro suave; pH 7,4.

Cca59-1.60 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo, pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco; franco; masiva; blando, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; fresco; raíces escasas; micelios escasos; pH 7,6.

Tabla 8.92 Datos analíticos del suelo. Perfil AC204 San Isidro SI

Horizonte	A	AC	Cca
Profundidad, (cm)	0-25	25-59	+ 59
Arcilla, (%)	14	16	10
Limo, (%)	48	44	45
Arena, (%)	38	40	45
Textura	Franco	Franco	Franco
Materia Orgánica (%)	2.10	0.69	0.24
Carbono Orgánico (%)	1.22	0.40	0.14
Nitrógeno total, (%)	0.10	0.04	0.02
Relación C/N	12	10	7
Fósforo, (p.p.m)	36	16	32
Carbonato de Ca %.	0	c.c.	1.1
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	35	39	35
pH en pasta	7.1	7.4	7.6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.54	7.48	37.0
Calcio (meq/100 g)	10.9	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	2.4	nd	nd
Sodio (meq/100)	0.9	1.9	2.7
Potasio (meq/100 g)	1.25	0.81	1.13
C.I.C, (meq/100 g)	16.8	12.6	9.0
P.S.I, (%)	5	15	30
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	34.8	155

PERFIL: AC206 El Carmen ElCa

Tabla 8.93 Información general del suelo. Perfil AC206 El Carmen ElCa

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 206	Vegetación: Suncho, quimil, jume, quebracho, mistol
Nombre: El Carmen	Material original: Eólico sobre aluvial
Símbolo: ElCa	Posición: Bajo, suavemente deprimido
Símbolo unidad cartográfica: 13S	Pendiente: Area plana
Clasificación taxonómica: Torriortente ústico	Escurrimiento: Lento a medio
Capacidad de uso: VIc	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Fecha: 17/07/10	Erosión: Ligera
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Ubicación: 4.2 km E Aurora, Banda, SE.	Peligro anegamiento: Poco inundable
Latitud: 27° 28' S,	Distribución de Humedad: Uniforme
Longitud: 64° 12' O	Cobertura: 80 %
Altitud: 175 m	Sales o álcalis: Salino sódico
Paisaje: Planicia aluvial migratoria	Uso de la tierra: Bosque
Relieve: Normal subnormal	

Descripción del perfil de suelo El Carmen:

- A 0-13 cm; pardo claro (7 5 YR 6/4) en seco y pardo fuerte (7 5 YR 4/6) en húmedo; franco arenosa; bloques subangulares finos débil a masiva; suelto, friable, no plástico, no adhesivo; húmedo; raíces comunes; limite claro suave.
- A_c 13-56 cm; pardo claro (7 5 YR 6/4) en húmedo y pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo; franco arenosa; masiva; suelto, friable, no plástico, no adhesivo; húmedo; raíces escasas; micelios escasos; limite claro suave.
- C₁ 56 cm +; pardo (7 5 YR 5/4) en húmedo seco y pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo; franco arenosa; masiva; suelto, friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; húmedo; limite claro suave.

Tabla 8.94 Datos analíticos del suelo. Perfil AC206 El Carmen ElCa

Horizonte	A	AC	C1
Profundidad, (cm)	0-13	13-56	+ 56
Arcilla, (%)	5	7	5
Limo, (%)	43	41	46
Arena, (%)	52	52	49
Textura	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Materia Orgánica (%)	1.40	0.57	0.33
Carbono Orgánico (%)	0.81	0.33	0.19
Nitrógeno total, (%)	0.06	0.04	< 0.01
Relación C/N	13	8	-
Fósforo, (p.p.m)	17	4	19
Carbonato de Ca %.	0	0	c.c.
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	33	31	31
pH en pasta	6.7	7.2	7.8
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	15.4	20.0	33.5
Calcio (meq/100 g)	4.2	4.3	nd
Magnesio (meq/100 g)	2.5	2.1	nd
Sodio (meq/100)	1.2	1.3	2.0
Potasio (meq/100 g)	1.30	1.01	0.92
C.I.C, (meq/100 g)	8.6	7.4	7.0
P.S.I, (%)	14	18	29
Cloruro soluble, (meq/l)	110	150	116

PERFIL: AC211 Yacu Hurmana YaH

Suelo oscuro desarrollado sobre materiales fluvio-eólicos de textura media, bien provisto de materia orgánica, salinidad y sodicidad en profundidad. Su drenaje natural es moderado a bueno.

Tabla 8.95 Información general del suelo. Perfil AC211 Yacu Hurmana YaH

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 211	Vegetación: Bosque
Nombre: Yacu Hurmana	Material original: Eolico sobre aluvial
Símbolo: YaH	Relieve: Normal
Símbolo unidad cartográfica: 13S	Posición: Loma baja
Clasificación taxonómica: Haplustol arídico	Pendiente: Area plana
Capacidad de uso: VIs	Escurrimiento: Medio
Fecha: 18/07/10	Permeabilidad: Moderada
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 6.9 km E La Cañada, Figueroa, SE	Drenaje: Bien drenado
Latitud: 27° 42' S	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Longitud: 63° 42' O	Distribución de Humedad: Uniforme
Altitud: 149 m	Cobertura: 50 %
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Sales o álcalis: Salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Yacu Hurmana:

- A 0-24 cm; pardo (7 5 YR 5/2) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares a granula medios moderada; ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; raíces comunes; limite claro suave; pH 6.9.
- B2 24-52 cm; pardo (7 5 YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7 5 YR 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares a bloques aplanados medios débil; ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; barnices escasos; fresco; raíces comunes; limite claro suave; pH 7.4.
- C3sa 52-68 cm; pardo (7 5 YR 5/4) en seco y pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo; franco arenoso; bloques subangulares finos débil a masivo; ligeramente duro, muy friable, no plástico, no adhesivo; débil calcáreo; fresco; raíces escasas; limite claro quebrado, pH 7,5.
- C1ca 68 cm +; pardo (7 5 YR 5/6) en seco y pardo a pardo oscuro (7 5 YR 4/4) en húmedo; franco; bloques subangulares finos débil a masivo; ligeramente duro, muy friable; fuerte calcáreo; fresco; pH 7,7.

Tabla 8.96 Datos analíticos del suelo. Perfil AC211 Yacu Hurmana YaH

Horizonte	A	Bw	B3	Cca
Profundidad, (cm)	0-24	24-52	52-68	+ 68
Arcilla, (%)	11	8	7	4
Limo, (%)	55	52	49	48
Arena, (%)	34	40	44	38
Textura	Franco limoso	Franco	Franco arenoso	Franco
Materia Orgánica (%)	2.09	0.86	0.52	0.35
Carbono Orgánico (%)	1.21	0.50	0.30	0.20
Nitrógeno total, (%)	0.09	0.05	0.03	0.02
Relación C/N	13	10	10	10
Fósforo, (p.p.m)	13	34	29	8
Carbonato de Ca %	0	0	0.9	3.6
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	39	41	40	36
pH en pasta	6.9	7.4	7.5	7.7
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	3.05	17.8	47.0	55.0
Calcio (meq/100 g)	4.9	7.7	nd	nd
Magnesio (meq/100 g)	3.1	3.8	nd	nd
Sodio (meq/100)	2.8	2.7	2.9	3.1
Potasio (meq/100 g)	0.78	1.11	1.08	1.11
C.I.C, (meq/100 g)	14.8	11.6	9.8	10.8
P.S.I, (%)	17	23	30	29
Cloruro soluble, (meq/l)	21	118	231	268

PLANICIE ALUVIAL MIGRATORIA (RIO SALADO) – PLANICIE FLUVIO-EOLICO REMANENTE – CANAL ALUVIAL – 14S

PERFIL: AC208 Rumioj Rum

Tabla 8.96 Información general del suelo. Perfil AC208 Rumioj Rum

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 208	Vegetación: Mistol, tala, quebracho blanco y colorado, algarrobo, atamisqui, poleo
Nombre: Rumioj	Material original: Eólico sobre aluvial
Símbolo: Rum	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 14S	Posición: Bajo
Clasificación taxonómica: Haplustol torriorténtico	Pendiente: Área plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 17/07/10	Permeabilidad: Moderadamente lenta
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 10.5 km NE Clodomira, Banda, SE	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Aprox. 27° 30' S, 64° 04' O	Peligro anegamiento: Poco inundable
Altitud: 180 m	Distribución de Humedad: Uniforme
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Cobertura: 80 %
	Sales o álcalis: No salino, No sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Rumioj:

- A 0-23 cm; pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arenoso; bloques subangulares medios débil; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; seco; raíces comunes; límite claro suave. 7,0.
- A_c 23-62 cm; pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco y pardo oscuro a pardo (10 YR 3/4) en húmedo; franco arenoso; bloques subangulares gruesos débil a masiva; blando, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; raíces comunes; límite claro suave; pH 7,3.
- C₁ 62-90 cm; pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) en húmedo; franco arenoso; masiva; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; seco; raíces escasas; límite claro suave; pH 7,8.
- C_{2ca} 90 cm +; pardo amarillento (10 YR 5/6) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo; franco arenoso; masivo; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; fuerte calcáreo; fresco; pH 7,1.

Tabla 8.97 Datos analíticos del suelo. Perfil AC208 Rumioj Rum

Horizonte	A	AC	C1	C2
Profundidad, (cm)	0-23	23-62	62-90	+ 90
Arcilla, (%).	6	6	5	5
Limo, (%).	34	48	45	45
Arena, (%)	60	46	50	50
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Materia Orgánica (%)	2.41	1.21	0.76	0.86
Carbono Orgánico (%)	1.40	0.70	0.44	0.50
Nitrógeno total, (%)	0.10	0.07	0.04	0.05
Relación C/N	14	10	11	10
Fósforo, (p.p.m)	30	16	21	21
Carbonato de Ca %.	0	0	1.3	0
Capacidad Hídrica de Saturación (%.)	37	35	29	30
pH en pasta	7.0	7.3	7.8	7.1
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.61	0.27	0.21	0.32
Calcio (meq/100 g)	6.3	4.9	n.d	5.5
Magnesio (meq/100 g)	1.6	1.5	n.d	2.0
Sodio (meq/100)	0.5	0.4	0.5	0.5
Potasio (meq/100 g)	1.12	0.96	0.94	1.02
C.I.C, (meq/100 g)	10.8	8.8	8.0	8.6
P.S.I, (%)	5	5	6	6
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	< 5	< 5	< 5

PERFIL: AC246 Tacoyurajnioj Tayu

Tabla 8.98 Información general del suelo. Perfil AC246 Tacoyurajnioj Tayu

Información del sitio y general del suelo	
Observación: AC 246	Vegetación: Bosque
Nombre: Tacoyurajnioj	Material original: Eólico sobre aluvial
Símbolo: Tayu	Relieve: Normal subnormal
Símbolo unidad cartográfica: 14S	Posición: Media loma
Clasificación taxonómica: Torriortente ústico franco arenoso	Pendiente: Área plana
Capacidad de uso: VIc	Escurrimiento: Medio
Fecha: 17/08/10	Permeabilidad: Moderadamente rápida
Autor descripción: Angueira, C. y E. Zamora	Erosión: Ligera
Ubicación: 7,7 km NE Taboada, San Martín; SE Aprox. 27° 59' S, 63° 40' O	Drenaje: Algo excesivamente drenado
Altitud: 143 m	Peligro anegamiento: Sin peligro de inundación
Paisaje: Planicie aluvial migratoria	Distribución de Humedad: Uniforme
	Cobertura: 40 %
	Sales o álcalis: Salino sódico
	Uso de la tierra: Bosque

Descripción del perfil de suelo Tacoyurajnioj:

- A 0-24 cm; pardo amarillento oscuro (10 y R 3/4) en húmedo, pardo (10 YR 5/3) en seco; arenoso a franco; bloques subangulares fino débil; ligeramente duro, no plástico, no adhesivo; raíces moderadas; pH 6.4
- AC 24-65 cm; pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo, pardo (10 YR 5/3) en seco; arenoso a franco; masivo; suelto, no plástico, no adhesivo; raíces escasas; pH 6.8
- C 64 cm +; pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco; arenoso a franco; masiva; suelto, no plástico, no adhesivo; moderado calcáreo; pH 7.6

Tabla 8.99 Datos analíticos del suelo. Perfil AC246 Tacoyurajnioj Tayu

Horizonte	A	AC	C
Profundidad, (cm)	0-24	24-46	+ 46
Arcilla, (%)	9	7	4
Limo, (%)	34	34	32
Arena, (%)	57	59	64
Textura	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Materia Orgánica (%)	2.43	0.79	0.47
Carbono Orgánico (%)	1.41	0.46	0.27
Nitrógeno total, (%)	0.14	0.06	0.04
Relación C/N	10	8	7
Fósforo, (p.p.m)	81	21	32
Carbonato de Ca %	0	0	0
Capacidad Hídrica de Saturación (%)	33	29	30
pH en pasta	6.4	6.8	7.6
Conductividad Eléctrica, (dS/m)	0.72	12.9	17.7
Calcio (meq/100 g)	4.7	5.7	2.9
Magnesio (meq/100 g)	1.8	2.5	1.9
Sodio (meq/100)	0.5	2.0	2.8
Potasio (meq/100 g)	1.21	0.84	1.37
C.I.C, (meq/100 g)	9.0	9.0	7.8
P.S.I, (%)	6	22	36
Cloruro soluble, (meq/l)	< 5	134	134

