

Capítulo 2

Fragipanes en la provincia del Chaco: identificación, propiedades y distribución

Fragipans of Chaco province: identification, properties and distribution

^{*}
Elías Francisco Brest
brest.elias@inta.gob.ar

Astor Emilio López

Juan José Zurita

** Autor de contacto*

ÍNDICE CAPÍTULO 2

CONTENIDO

■ RESUMEN	60
■ EXTENDED ABSTRACT	62
■ INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	64
■ MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
Descripción del área	65
Áreas Geomorfológicas Platea de Los Bajos Submeridionales (Tapenagá I y Tapenagá II)	66
Áreas Geomorfológicas Núcleo de los Bajos Submeridionales (Cañada I y Cañada II)	68
Área Geomorfológica Pinedo.....	69
Métodos	70
■ RESULTADOS	71
PROPIEDADES de los suelos estudiados	73
■ GÉNESIS DE FRAGIPANES	78
■ ASPECTOS TAXONÓMICOS.....	81
■ ASPECTOS APLICADOS	83
■ CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	87
■ BIBLIOGRAFÍA.....	88
■ AGRADECIMIENTOS	88

■ RESUMEN

La provincia del Chaco en la República Argentina constituye parte del Chaco Americano. Esta ecorregión compartida entre Argentina, Bolivia y Paraguay constituye una amplia llanura con una gran diversidad de suelos, climas, vegetación, fauna y sistemas productivos. La provincia del Chaco se encuentra situada entre los 24° y los 28° de latitud sur y los 58° 26' y 63° 30' de longitud oeste.

El área de producción agropecuaria del Chaco cuenta con información cartográfica de suelos a nivel de semidetalle (E: 1:50.000). La Serie de Suelos es la unidad taxonómica de las Cartas de Suelos constituyendo el adecuado nivel de conocimiento edáfico para el asesoramiento a los productores, asesores técnicos y decisores de las políticas territoriales.

El fragipán, horizonte diagnóstico de la Taxonomía de Suelos, se encuentra descripto en la morfología de los perfiles modales de la cartografía de suelos, afectando en general a horizontes subsuperficiales que condicionan las posibilidades de enraizamiento y adecuado el drenaje para la producción de cultivos.

El objetivo de este trabajo es sintetizar el conocimiento que existe sobre este tipo de compactaciones en los suelos de la provincia del Chaco.

En la actualidad el desarrollo tecnológico de la ganadería y la forestación, en áreas marginales para la producción de cereales y oleaginosas, ha permitido dar una mayor importancia a aspectos morfológicos de los suelos que influyen significativamente sobre la elección de cultivares de pasturas y especies forestales a implantar.

El efecto que provoca la presencia del fragipán en horizontes subsuperficiales sobre las posibilidades de enraizamiento de pasturas y especies forestales y las consecuencias de asfixia radicular causados por el drenaje impedido hace imperioso tomar en cuenta la presencia de fragipanes en las nuevas áreas de desarrollo foresto-pastoril.

El material originario de sus suelos es de origen sedimentario (eólico-aluvial) con predominancia de materiales arcillosos en el este, francos-limosos en el centro y limo-arenosos en el oeste. En el centro sur, una gran depresión de origen lacustre con predominancia de arcillas y suelos muy desarrollados (Natracualf, Albacualf).

La vegetación dominante es el bosque chaqueño conformado por especies caducifolias de madera dura en el centro-oeste y bosques en galería en el sector húmedo del este. Los pastizales se distribuyen en abras intercaladas entre las masas boscosas o en los sectores deprimidos en donde suelen conformar comunidades asociadas con palmas y/o árboles y arbustos en isletas.

El análisis de la cartografía de suelos en semidetalle (E: 1/50.000) en formato digital de todos los departamentos catastrales de la provincia del Chaco permitió identificar espacialmente aquellas unidades cartográficas que presentan fragipán en sus perfiles modales.

Los departamentos catastrales con mayor superficie de suelos con fragipán se encuentran ubicados en el sector sudoeste de la provincia: Departamentos Fray Justo Santa María de Oro, 12 de Octubre y 2 de Abril. Los departamentos Mayor J. Luis Fontana, y San Lorenzo presentan unidades cartográficas en donde los suelos con fragipán están en Asociaciones de suelos en porcentajes variables. En los departamentos 25 de Mayo, Chacabuco y 9 de Julio los fragipanes se detectan en áreas de escurrimiento, atomizadas en toda su superficie.

La génesis del fragipán está abierta a un debate considerable. Los científicos del suelo discuten a menudo sobre la definición de fragipán y si existe o no fragipán en ciertos paisajes. La identificación de fragipanes en el campo es un complejo problema. Los reconocedores de suelos toman sus decisiones en el campo sobre la base de las características morfológicas y propiedades que observan y registran en cada punto de observación.

El área analizada constituye el sector sudoeste de la provincia del Chaco en relación a una geomorfología deprimida de origen lacustre denominada Bajos Submeridionales (BS). El “núcleo” y la “platea” de los BS consisten en una gran depresión que ha sufrido la sedimentación de materiales eólicos y aluviales, conformando suelos salino sódicos de drenaje impedido.

En el área se detectaron 8 Series de Suelos que presentan fragipán en sus características morfológicas. Se señalan su morfología y aspectos físico-químicos.

Cada Serie de suelo descripta incluye la evaluación utilitaria del suelo, interpretación de datos químicos y físicos, sintética descripción de la vegetación natural y la clasificación taxonómica a nivel del Subgrupo según Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy, 1999).

Los aspectos considerados permiten inferir que más de 50.000 ha del sudoeste de la provincia del Chaco están afectados por la presencia de fragipán en horizontes subsuperficiales de suelos. La profundidad a la que se presenta esta característica varía entre 40 a 78 cm y su espesor fluctúa entre 20 a 60 cm.

En la clasificación taxonómica a nivel de Subgrupo de suelo la característica analizada solo se presenta en el Pedón 7, Fragiudept Ácuico (Serie Samuhú) y en el Pedón 8, Fragiudept Ácuico (Serie Villordo).

El régimen de humedad ácuico y údico son dominantes en los suelos que poseen fragipán, a excepción del Pedón 1 (Serie Copa) con régimen ústico.

El relieve dominante en donde se presentan fragipanes lo constituyen las medias lomas bajas tendidas con vegetación de gramillar y pajonal.

Es evidente la concentración de la presencia de fragipán en áreas con drenaje impedido, principalmente en los “núcleos” y “platea” de los Bajos Submeridionales. No es aventurado pensar que esta característica puede ser más común hacia el este si se considera la mayor precipitación que presenta el área. Investigaciones de campo podrán probar esta hipótesis.

Palabras clave

Fragipán,
Provincia del Chaco, Argentina.

■ EXTENDED ABSTRACT

The province of Chaco, Argentina, is a part of the American Chaco. This ecoregion, shared between Argentina, Bolivia and Paraguay, is a wide plain with a variety of soils, climate, vegetation, fauna and production systems. It is situated between 24° and 28° south latitude and 58° 26' and 63° 30' west longitude.

In the agricultural area of Chaco, cartographic information on soils at the semi-detailed scale (1:50,000) is available. Taxonomic units are expressed at the series level, an adequate level of information for providing advice to farmers, technical advisers and decision-makers of land policies.

Modal profiles of fragipans, a subsurface diagnostic horizon of Soil Taxonomy, are described, including morphological, physical and chemical properties. These horizons affect rooting and drainage conditions for crop production. The objective of this work is to summarize the knowledge on this type of hardening in the soils of Chaco province.

Today, the technological development of farming (grains and oilseeds) and forestry in marginal areas has aroused a greater interest in the morphological aspects of soils. These properties have a significant influence on the choice of cultivars of pasture and forest species.

The effects of fragipans on the rooting of pastures and forest species, and on the root asphyxia caused by impeded drainage, make it imperative to take into account the presence of fragipans in new areas of forest-pastoral development.

The parent materials are eolian and alluvial sediments, with a predominance of clayey materials to the east, silty loams in the center and silty sands to the west. In the south central region there appears a large depression of lacustrine origin with a predominance of clays, where well developed soils are found (Natraquolls, Albaqualls).

The dominant vegetation is the Chaco forest consisting of deciduous species of hardwood in the Center-West and gallery forests in the humid eastern sector. Grasslands are distributed in openings interspersed among the wooded masses or depressed sectors, where they tend to form communities associated with palms or trees and shrubs in islets.

The analysis of semidetalled digital soil maps (Scale: 1:50,000) of all the cadastral departments of Chaco province has permitted to identify the mapping units with fragipans in the modal profiles.

The departments with the largest area of fragipan soils are located in the southwestern sector of the province (departments of Fray Justo Santa María de Oro, 12 de Octubre and 2 de Abril). The departments of Mayor J. Luis Fontana and San Lorenzo present mapping units where fragipan soils are associated in varying percentages. In the departments of 25 de Mayo, Chacabuco and 9 de Julio the fragipans are scattered on all the runoff areas.

The genesis of fragipans is open to considerable debate. Soil scientists often argue about the definition of fragipan and its presence or not in some landscapes. The identification of fragipans in the field is a complex problem. Soil surveyors make their decisions in the field on the basis of morphological properties observed and recorded at each observation point.

The study area is located in the southwestern sector of Chaco province. It is related to a large depressed area of lacustrine origin called "Bajos Submeridionales" (Sub-southern Lowlands). It is filled with eolian and alluvial sediments, in which sodic-saline, poorly drained soils were formed.

Eight series with fragipans were identified in the area. Soil descriptions include morphological, chemical and physical data and a short description of the natural vegetation. Soils were classified at the subgroup level according to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999) and according to their suitability for farming and livestock production.

The information allows to infer that more than 50,000 hectares located in southwestern Chaco are affected by the presence of fragipans. These horizons occur at 40-78 cm depth and are 20-60 cm thick.

The presence of fragipans has been identified at the subgroup level only in Pedon 7 (Aquic Fragiudept, Samuhú Series) and Pedon 8 (Aquic Fragiudalf, Villordo Series).

The aquic and udic moisture regimes are dominant in fragipans soils, except Pedon 1 (Copa Series) which has an ustic regime. Fragipan soils occur mainly in gently sloping plains. Grasslands and marsh plants are the principal kinds of native vegetation.

Fragipans are widespread in areas with impeded drainage, mainly in the center and borders of the Sub-southern Lowlands. Probably, this horizon would be more common to the east of this region where rainfall increases. This hypothesis should be verified by field studies.

Keywords | Fragipan,
Chaco province, Argentina.

■ INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La provincia del Chaco en la República Argentina constituye parte del Chaco Americano (Pereyra, 2003). Esta ecorregión compartida entre Argentina, Bolivia y Paraguay constituye una amplia llanura con una gran diversidad de suelos, climas, vegetación, fauna y sistemas productivos.

La provincia del Chaco forma parte de la llanura Chaco-Pampeana, extensa área sedimentaria en donde las características de sus suelos y clima constituyen el asentamiento de la producción agropecuaria Argentina.

El área de producción agropecuaria del Chaco cuenta con información cartográfica de suelos a nivel de semidetalle (E 1:50.000). La Serie de Suelos es la unidad taxonómica de las Cartas de Suelos constituyendo el adecuado nivel de conocimiento edáfico para el asesoramiento a los productores, asesores técnicos y decisores de las políticas territoriales.

El uso de las tierras con monocultivo algodónero desde los inicios de la colonización de la provincia al comienzo del siglo XX y el monocultivo de soja en la actualidad ha provocado la compactación antrópica de los horizontes superficiales de los suelos (piso de arado). Esta limitación edáfica a la penetración de raíces, infiltración de agua e intercambio gaseoso se visualiza en la actualidad como el indicador que impide la manifestación productiva potencial del germoplasma de las especies implantadas. Este indicador ha sido cuantificado y cualificado por numerosas investigaciones y se encuentran disponibles herramientas de manejo para la minimización de sus efectos (INTA, Proyecto Regional con Enfoque Territorial. 2013 – 2019).

Por otra parte, existen otros impedimentos físicos de suelos de origen natural que condicionan las posibilidades productivas de extensas zonas de la provincia.

El fragipán, horizonte diagnóstico de la Taxonomía de Suelos, se encuentra descrito en la morfología de los perfiles modales de la cartografía de suelos, afectando en general horizontes subsuperficiales, que condicionan las posibilidades de enraizamiento y adecuado drenaje para la producción de cultivos.

Esta compactación o densificación natural de horizontes, en general se encuentra circunscripta a una gran área deprimida de la provincia, de aptitud y uso en sistemas ganaderos y no ha recibido de parte de los investigadores la priorización que el evento requiere. La falta de investigadores locales formados en la temática y la escasez de equipamiento e interés por parte de los organismos de investigación conspiran para hacer frente a este requerimiento.

La producción de pasturas del área no se ve mayormente afectada por la presencia de fragipanes subsuperficiales, no así la incipiente implantación de sistemas forestales que encuentran en este horizonte un impedimento para el adecuado anclaje de su sistema radicular, y posibilidades de un adecuado drenaje.

El objetivo de este trabajo es sintetizar el conocimiento que existe sobre este tipo de compactaciones en los suelos de la provincia del Chaco. La información disponible se encuentra en la cartografía de suelos del Chaco y en general es poco conocida y difundida. El uso de la cartografía de suelos en el Chaco está centralizado en aspectos que hacen a la evaluación de la potencialidad o aptitud de los suelos para la producción agrícola, entendiendo por tal la producción de cultivos anuales. En la actualidad el desarrollo tecnológico de la ganadería y la forestación, en áreas marginales para la producción de ce-

reales y oleaginosas, ha permitido dar una mayor importancia a aspectos morfológicos de los suelos que influyen significativamente sobre la elección de cultivos de pasturas y especies forestales a implantar.

El efecto que provoca la presencia del fragipán en horizontes subsuperficiales sobre las posibilidades de enraizamiento de pasturas y especies forestales y las consecuencias de asfixia radicular causados por el drenaje impedido hace imperioso tomar en cuenta la presencia de fragipanes en las nuevas áreas de desarrollo foresto-pastoril.

Los aspectos de génesis, clasificación taxonómica, descripciones morfológicas, mineralogía y de evaluación de tierras son aspectos que a nivel local necesitan ser investigados y profundizados.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área

La provincia del Chaco es una región del norte de la República Argentina. Se encuentra situada entre los 24° y los 28° de latitud sur y los 58° 26' y 63° 30' de longitud oeste. Limita al norte con la provincia de Formosa, al sur con la provincia de Santa Fe, al oeste con Santiago del Estero y Salta, y al este con la provincia de Corrientes y la República del Paraguay.

Se encuentra dividida administrativamente en 24 departamentos, conformando una superficie de 9.963.300 ha (2,5% del total del área del país).


Es una amplia llanura con pendiente general menor al 1% y dirección noroeste-sudeste. La altura sobre el nivel del mar es de 50 m en el sector oriental y 250 m en el sector occidental.

El clima es de tipo subtropical con precipitaciones superiores en verano y estación seca en invierno, con una temperatura media anual de 22 °C y precipitaciones que varían desde 1300 mm al este a 600 mm en el oeste.

El material originario de sus suelos es de origen sedimentario (eólico-aluvial) con predominancia de materiales arcillosos en el este, francos-limosos en el centro y limo-arenosos en el oeste. En el centro sur, una gran depresión de origen lacustre con predominancia de arcillas y suelos muy desarrollados (Natracualf, Albacualf).

La red hidrográfica provincial está conformada por ríos principales de gran caudal (Paraná, Paraguay y Bermejo) en la frontera norte y este, y corrientes secundarias, de régimen intermitente (ríos Negro, Cangüí, Guaycurú, de Oro, Zapiarán, Tragadero, etc.) en el sector oriental.

La vegetación dominante es el bosque chaqueño conformado por especies caducifolias de madera dura en el centro-oeste y bosques en galería en el sector húmedo del este. Los pastizales se distribuyen en abras intercaladas entre las masas boscosas o en los sectores deprimidos en donde suelen conformar comunidades asociadas con palmas y/o árboles y arbustos en isletas.

La geomorfología general **Figura 1**  de la provincia permitió delimitar once áreas geomorfológicas secundarias en base al análisis del tipo de paisaje, suelos y vegetación (Ledesma & Zurita, 1995).

A los fines propuestos en este trabajo solo nos limitaremos a describir sintéticamente aquellas áreas en donde la presencia de fragipán en el perfil de los suelos constituye una característica única en el relevamiento de suelos a nivel provincial.

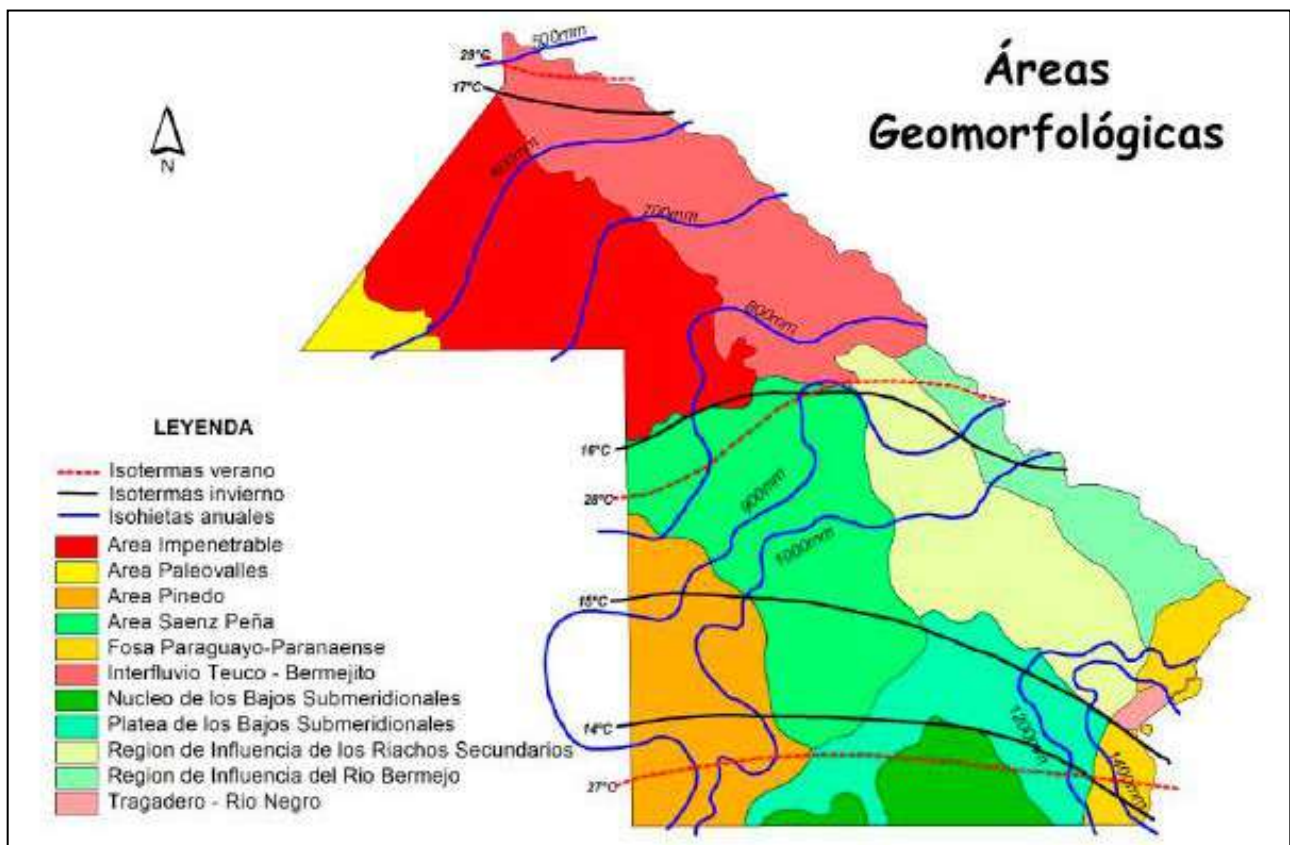


Figura 1: Áreas Geomorfológicas de la Provincia del Chaco.

Figure 1: Geomorphological Areas of Chaco province.

Áreas Geomorfológicas Platea de Los Bajos Submeridionales (Tapenagá I y Tapenagá II)

Constituye el área de “platea”, relativamente plana que bordea las grandes depresiones del centro sur de la provincia del Chaco. Se la divide en Tapenagá I al este y Tapenaga II al oeste. Morfológicamente son similares, aunque los sistemas son distintos porque Tapenaga I recibe el escurrimiento de la gran área fluvial del noreste y Tapenaga II del área geomorfológica Sáenz Peña. En la primera, las lluvias son suficientes para mantener un balance hídrico positivo y en la segunda existe un marcado déficit hídrico, por lo que esta última es un área de alta evaporación con la consiguiente predominancia de suelos salinos-sódicos. El relieve en general es de lomas bajas y depresiones.

El Área Geomorfológica Tapenagá I **Figura 2**  cubre una superficie de 650.000 ha con pendiente dominante en dirección a Cañada I.

Morfológicamente corresponde a una amplia llanura deprimida de origen fluvio-lacustre donde las diferencias de relieve permiten visualizar lomas medias tendidas y bajos tendidos.

Las características principales de sus suelos son permeabilidad y escurrimiento superficial lentos, atributos que se manifiestan en anegamientos temporarios.

Las condiciones de sodicidad-salinidad dominante en este ambiente determinan un patrón de vegetación consistente en enormes pastizales de *Spartina argentinensis*, que alternan con pajonales de *Elionorus sp.* y arbustamiento de *Prosopis Algarrobilla*.

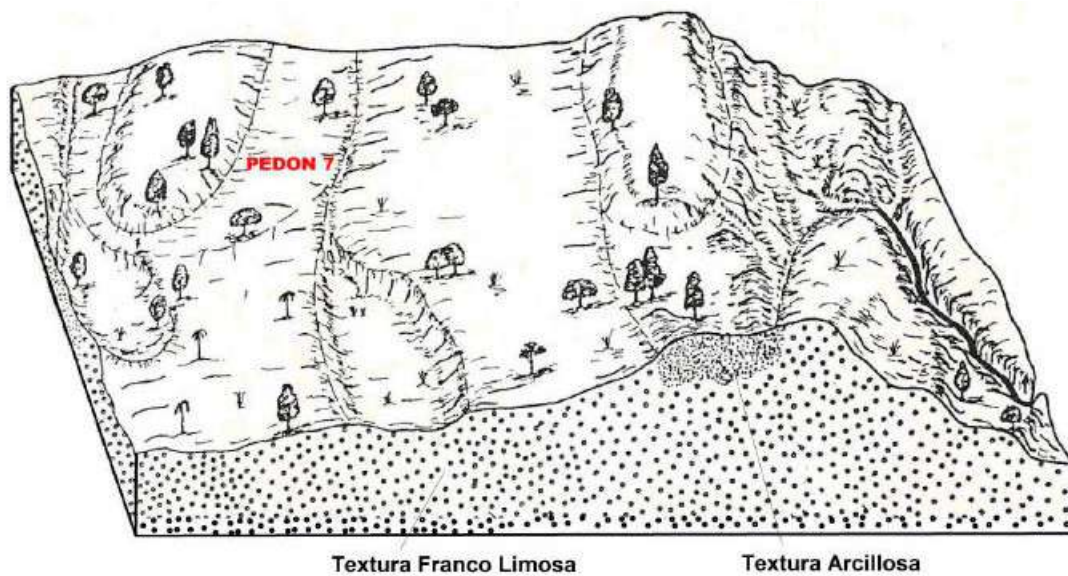


Figura 2: Bloque diagrama del Área G. Tapenagá I.

Figure 2: Block diagram of Area G. Tapenagá I.

El Área Geomorfológica Tapenagá II **Figura 3** ☉, cubre una superficie de 320.000 ha y está constituida por una llanura de muy suave pendiente hacia el sur (Cañada II), circunstancia que facilita el lavado superficial de las sales acumuladas. El bajo potencial morfogenético del escurrimiento superficial, que en épocas de inundaciones se desplaza en manto con velocidad demasiado baja para formar cauces, es el rasgo más importante del área.

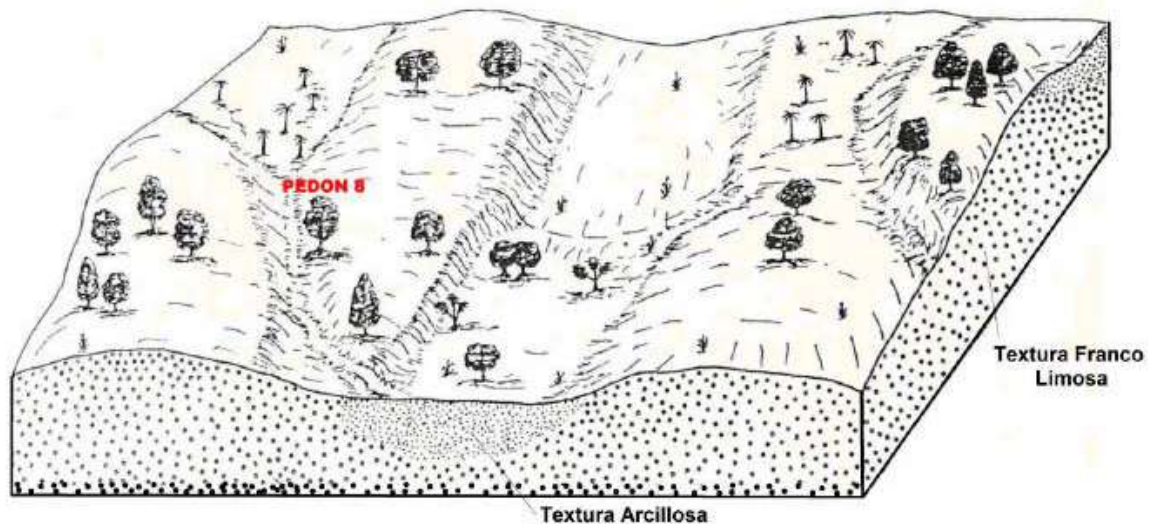


Figura 3: Bloque diagrama. Área G. Tapenagá II.

Figure 3: Block diagram. Area G. Tapenagá II.

La vegetación dominante es de tipo sabana-parque. Donde se acentúan las limitaciones por permeabilidad aparecen masas de *Trithinax biflabellata*.

La actividad predominante del área es la ganadería extensiva con posibilidades de implantar pasturas adaptadas a las condiciones de alcalinidad-salinidad.

Áreas Geomorfológicas Núcleo de los Bajos Submeridionales (Cañada I y Cañada II)

Área deprimida del relieve chaqueño (520.000 ha) en relación directa con los Bajos Submeridionales de la provincia de Santa Fe. Actualmente se presentan como amplias llanuras de muy lenta colmatación, que cubren parcialmente el área lacustre, constituyendo el material que dio origen a suelos hidromórficos.

Se la divide en Cañada I al este **Figura 4** ☉, y Cañada II al oeste **Figura 5** ☉. Morfológicamente son similares, aunque debido al importante volumen de precipitaciones que reciben los suelos de Cañada I, se presentan generalmente con subsuelos gleyzados; en tanto que los de Cañada II, con menor pluviosidad, tienen subsuelos oxidados. En esta área también se intensifican los problemas de salinización.

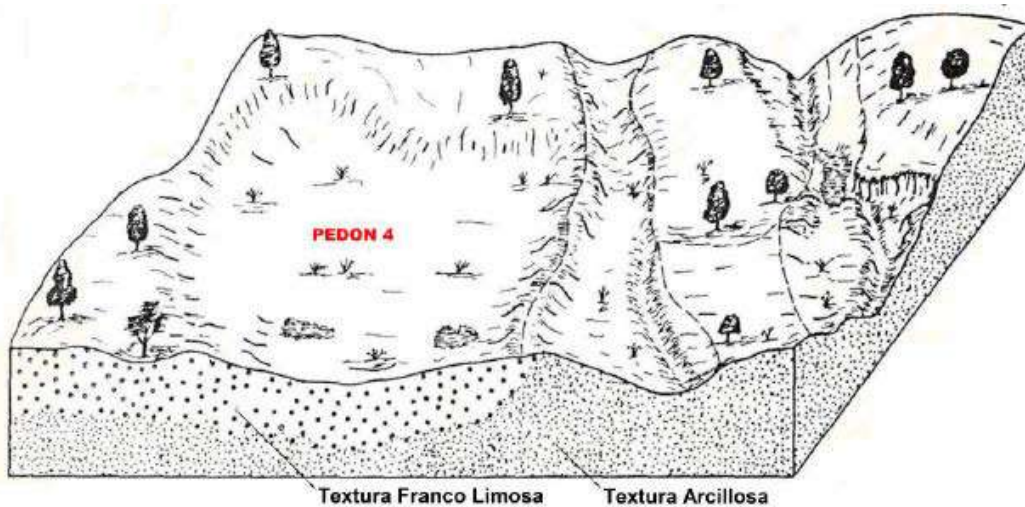


Figura 4: Bloque Diagrama. Área G. Cañada I.

Figure 4: Block diagram. Area G. Cañada I.

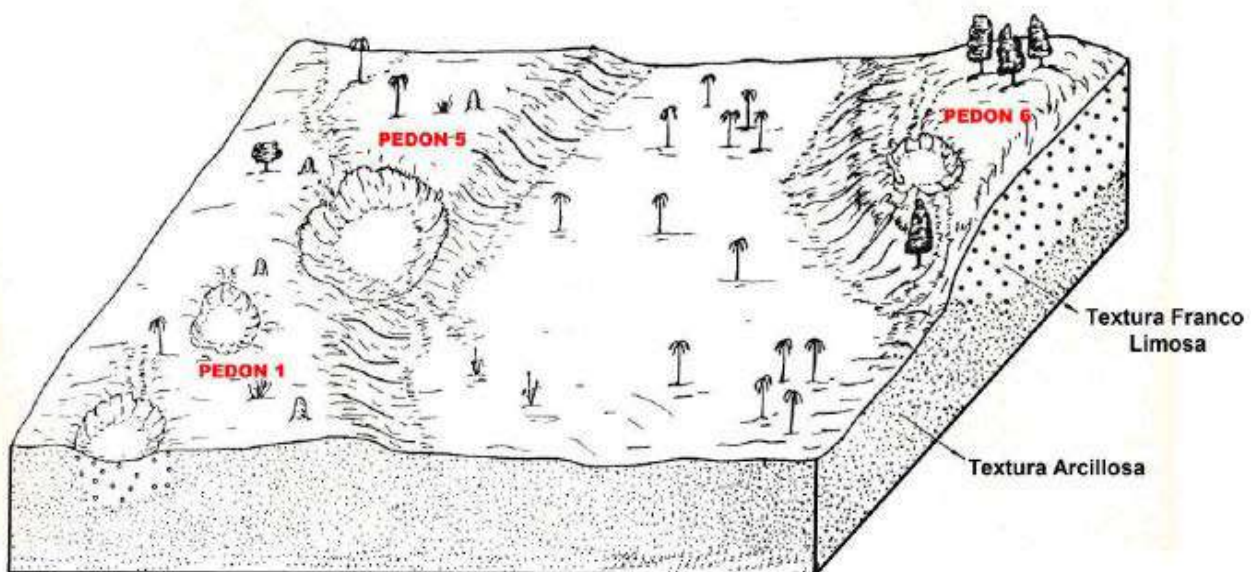


Figura 5: Bloque diagrama. Área G. Cañada II.

Figure 5: Block diagram. Area G. Cañada II.

Las lomas bajas y los bajos tendidos resumen el relieve general del área donde los suelos salino-sódicos anegables solo permiten una vegetación de pajonal de *Spartina argentinensis* y *Elionorus sp.*

Distribuidas regularmente en el área aparecen pequeñas lagunas (100 a 300 m de diámetro) donde se acentúan las condiciones hidromórficas y son utilizadas como aguadas para la provisión de la actividad ganadera.

Los suelos son de aptitud ganadera extensiva con posibilidades de implantar pasturas adaptadas a condiciones extremas de alcalinidad-salinidad y anegamientos temporarios.

Área Geomorfológica Pinedo

Es un área de 952.000 ha que se diferencia del resto de la provincia por el desarrollo de su drenaje superficial que tiene una dirección norte-sur definido por el sentido general de la pendiente **Figura 6** ©.

Las particularidades del clima semiárido determinan que al este la cobertura vegetal natural del suelo sea de bosques con áreas intercaladas de pajonal, actualmente dedicadas a la explotación agrícola, y al oeste bosques degradados y pajonales, puesto en explotación agropecuaria en los últimos 20 años. Las áreas deprimidas están dedicadas a ganadería extensiva.

Los patrones del paisaje se distribuyen en forma paralela a lo largo de una gran falla regional de rumbo norte-sur. Esta región tiene un relieve muy accidentado para las características topográficas de la llanura chaqueña.

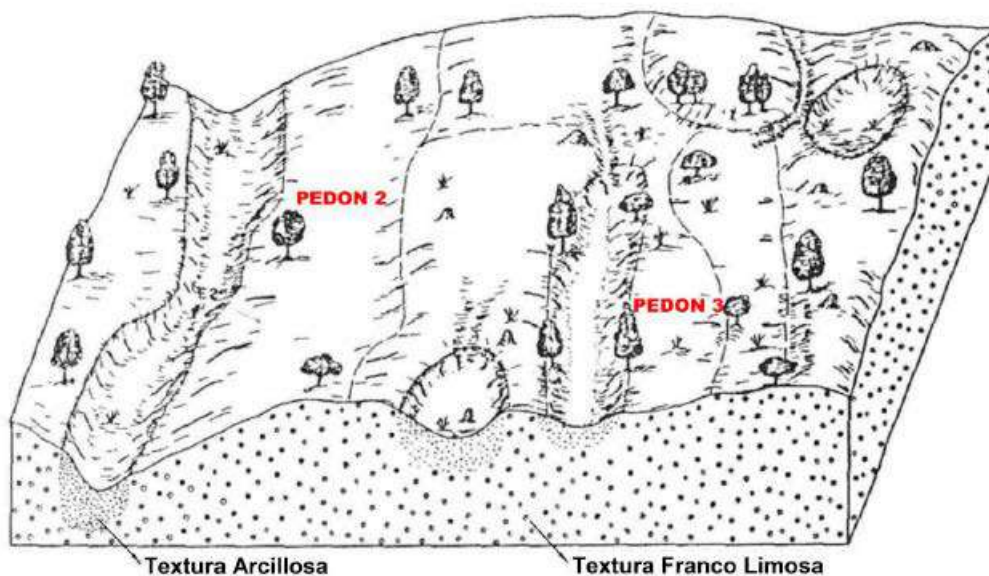


Figura 6: Bloque diagrama. Área G. Pinedo.

Figure 6: Block diagram. Area G. Pinedo.

Al norte del área se encuentra un afloramiento de areniscas cuarcíticas, constituyendo la única formación rocosa de la provincia.


La vegetación natural predominante fue de sabana arbustiva que hoy ha cedido lugar a la explotación agropecuaria extensiva.

Las características principales de los suelos son la permeabilidad moderadamente rápida en los suelos limosos del oeste y drenaje pobre cuando los suelos presentan horizontes arcillosos o endurecidos (fragipán) en el centro del área. Las pendientes locales de oeste a este y los suelos limosos de escaso desarrollo condicionan una alta vulnerabilidad a la erosión eólica e hídrica.

La actividad agrícola ganadera se desarrolla según los ciclos de precipitaciones: abundantes (expansión de la agricultura) y escasas (retracción de la agricultura), que constituye una característica de la región.

Métodos

Con el objetivo de identificar y señalar la distribución geográfica de los fragipanes en la provincia del Chaco se trabajó con la cartografía de suelos en semidetalle elaborada por Ledesma (1994) y Ledesma *et al.* (INTA 1984; 1989; 1990; 1992; 1993; 1996; 1998; 1999).

El análisis de la cartografía de suelos en semidetalle (E: 1:50.000) en formato digital de todos los departamentos catastrales de la provincia del Chaco permitió identificar espacialmente aquellas unidades cartográficas que presentaban fragipán en el perfil de sus perfiles modales **Figura 8** *1.

Las descripciones morfológicas de los perfiles de suelos se realizaron según las “Normas de Reconocimiento de Suelos” (Etchevehere, 1976). Los análisis de laboratorio corresponden a los protocolos estándar del INTA (Schoeneberger *et al.*, 1998).

El área seleccionada corresponde a parte de una gran depresión de origen lacustre que se extiende al sudoeste de la provincia del Chaco.

Se identificó como fragipán aquellos horizontes que respondían a las siguientes características:

Fragipán (del latín “*fragilis*”), quebradizo y pan; significado: pan quebradizo).

Los fragipanes son horizontes subsuperficiales densos y quebradizos que restringen el movimiento del agua y la penetración de raíces en el suelo (Imbellone & Giménez, 1998; Imbellone *et al.* 2010; Bockheim & Hartemink, 2013).

Puede, pero no necesariamente ser subyacente a un horizonte argílico, cámbico, albico, o spódico. Se lo encuentra generalmente dentro de un horizonte argílico o transicional al C.

El fragipán ha desarrollado fuertemente propiedades frágicas. Comúnmente, tiene un relativamente bajo contenido de materia orgánica y una alta densidad aparente en relación con los horizontes suprayacentes

El fragipán tiene una clase de resistencia a la ruptura dura cuando está seco. En húmedo, tiene una clase de resistencia a la ruptura de firme a muy firme en el 60 por ciento o más del volumen. La resistencia a la ruptura se refiere a la tendencia de un agregado o terrón a romperse de repente en lugar de experimentar la deformación lenta cuando se aplica presión. Fragmentos secados al aire se “desmoronan” al sumergirlos en agua.

La mayoría de los fragipanes tienen características redoximórficas, muestran evidencias de translocación de arcilla, y baja o muy baja conductividad hidráulica saturada.

La mayoría de los fragipanes tienen estructura prismática muy gruesa. Algunos tienen estructura lenticular gruesa, débil a fuerte, dentro de los prismas. En otros, la estructura secundaria es de bloques gruesos más débiles. Algunos fragipanes tienen estructura de transición entre platiforme y bloques. Algunos no tienen estructura secundaria, y puede ser masiva.

Normalmente un fragipán tiene un límite superior abrupto o claro a una profundidad de 50 a 100 cm por debajo de la superficie original del suelo y el espesor va desde los 15 a 200 cm. El límite inferior es comúnmente gradual o difuso.

Un fragipán está prácticamente libre de raíces, excepto en las grietas entre las caras de prismas. En muchos fragipanes los materiales no son frágiles cuando húmedo, aunque puede ser duros cuando se secan.

La dureza de fragipán cuando seco se atribuye principalmente al empaquetamiento estrecho y vinculante por la arcilla, sin embargo, no explica la “quebradosidad” cuando está húmedo. Esta, puede ser el resultado de enlace químico débil por uno o más agentes, no necesariamente el mismo en todas las clases de suelo.

■ RESULTADOS

Los departamentos catastrales con mayor superficie con suelos que presentan fragipán se encuentran ubicados en el sector sudoeste de la provincia Departamentos Fray Justo Santa Maria de Oro, 12 de Octubre y 2 de Abril **Figura 7** ©. Los departamentos Mayor J. Luis Fontana y San Lorenzo poseen unidades cartográficas en donde los suelos con fragipán se presentan en Asociaciones de suelos en porcentajes variables. En los departamentos 25 de Mayo. Chacabuco y 9 de Julio los fragipanes se detectan en áreas de escurrimiento (paleocauces) atomizadas en toda su superficie **Figura 8** ©.

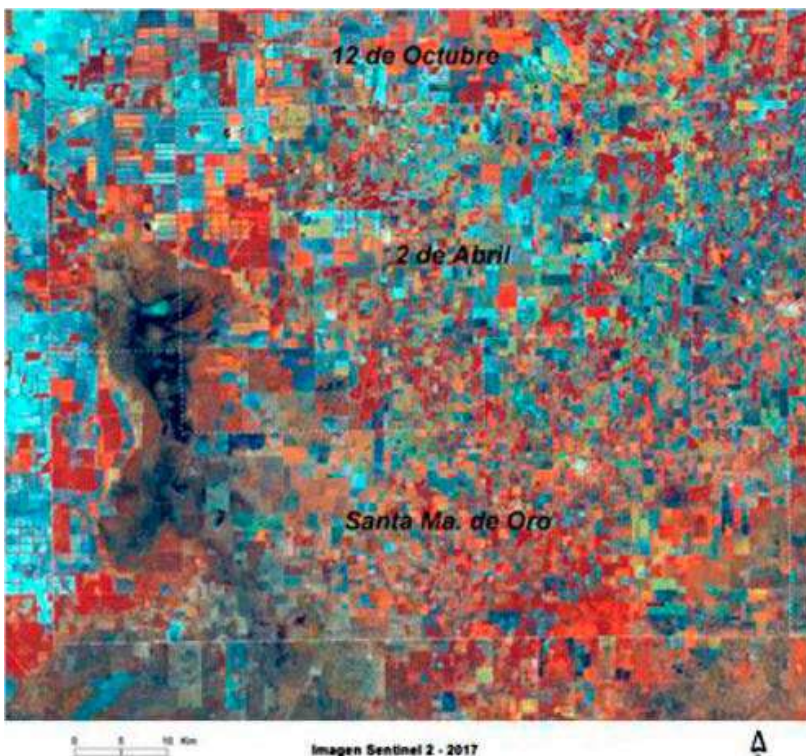


Figura 7: Imagen satelital Sentinel 2 del año 2017 del área estudiada.

Figure 7: Satellite image Sentinel 2 (2017) of the studied area.

En la **Tabla 1** se indica la superficie afectada por esta compactación natural.

Tabla 1: Superficie de suelos con fragipán. Pedones 1 a 8, marcados en la **Figura 9**.

Table 1: Area of fragipan soil. Pedons 1 to 8 plotted in **Figura 9**.

Serie de Suelo	Símbolo cartográfico	Pedón Modal	Superficie (ha)
Copa	Cch	1	600
12 de Octubre	Df	2	1.550
Pumita	Paa	3	31.650
Tacural	Tñ	4	1.300
Tres Mojones	Tll	5	14.200
Tres Puertas	Tm	6	1.580
Samuhú	Sj	7	1.800
Villordo	VI	8	990

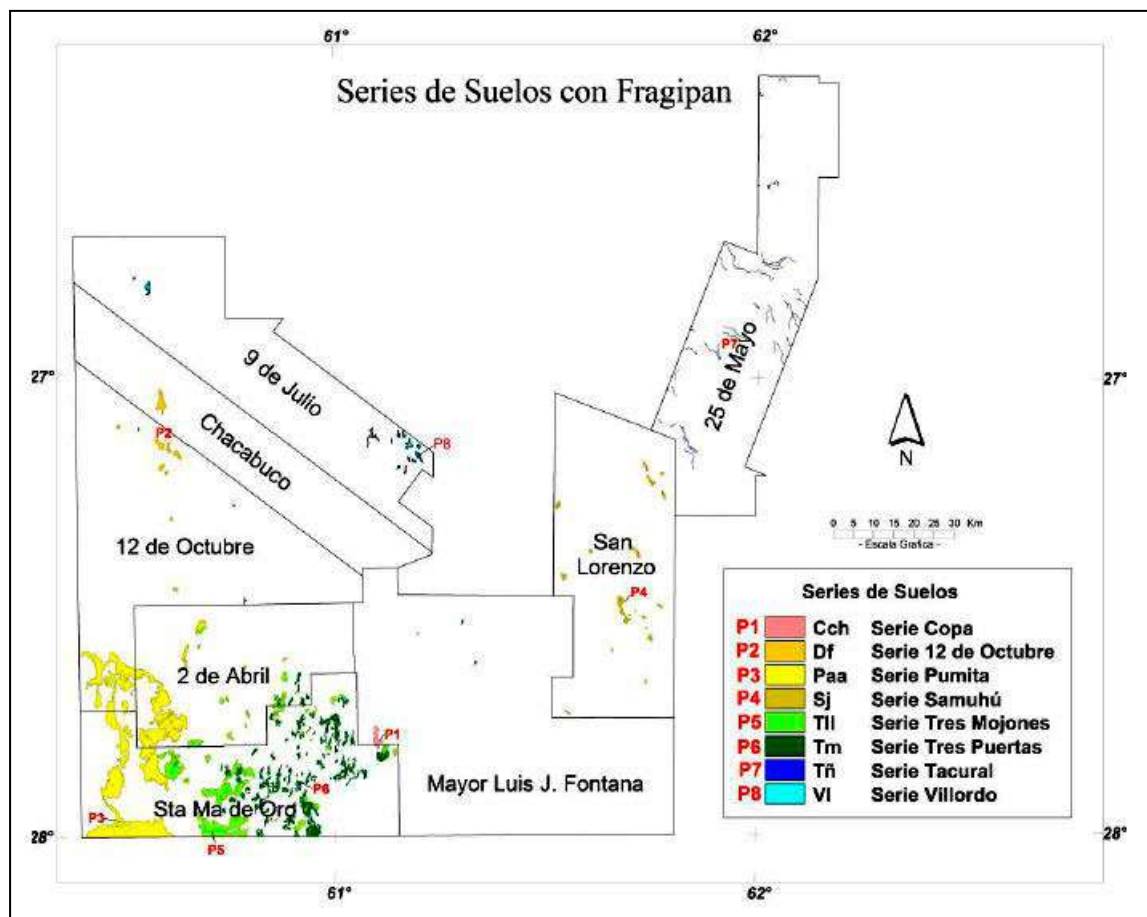


Figura 8: Distribución espacial de los suelos con presencia de fragipán.

Figure 8: Spatial distribution of fragipan soils.

Propiedades de los suelos estudiados

Tabla 2: Propiedades morfológicas de los suelos.

Table 2: Morphological properties of soils.

Pedón 1- Natrustol Léptico. (27°47'52.82"S. 60°57'50.43"O). Serie Copa. Dpto. Comandante Luis J. Fontana.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
Ap	0-19	abrupto- suave	10YR4/1	10YR3/2	migajosa g.m.	lig.dura	friable
A	19-43	gradual-suave	10YR 4/3	10YR 3/3	migajosa g.m.	lig. dura	friable
Bx	43-65	abrupto-suave	10YR4/2	10YR 3/3	bloques subang. f.m.	dura	firme
C1	65-105	claro-suave	10YR 5/3	10YR 4/3	masiva	lig. dura	friable
C2	105-118	claro-suave	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	masiva	lig. dura	friable
Ck	118-160		7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	masiva	dura	friable

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
Ap	24,4	62	13,6	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plastica	abundantes-medias
A	30,6	57,2	12,2	fr. arc.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	abundantes-medias
Bx	31,6	55,9	16,6	fr.arc.li.	lig. adhesiva	plástica	pocas-finas
C1	19,9	63,9	16,2		adhesiva	plástica	muy pocas-finas
C2	27,5	58,6	13,9	fr.arc.li	adhesiva	plástica	pocas-muy finas
Ck	15,7	64,2	20,1	fr.li	adhesiva	plástica	muy pocas-muy finas

Pedón 2 - Natrustalf Ácuico. (27°8'16.91"S. 61°28'42.42"O). Serie 12 de Octubre- Dpto. 12 de Octubre.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
A	0-4	abrupto-suave	5YR 6/2	5YR 4/2	migajosa f. d	suelta	Friable
Bt	4-23	claro-suave	5YR 5/3	5YR 3/3	bloques angulares m.m.	lig. dura	friable
BCK	23-58	claro-suave	5YR 6/3	5YR 4/3	bloques angulares f.m.	lig. dura	friable
Ckx	58-150		5YR 6/6	5YR 4/6	masiva	lig. dura	friable

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
A	10,7	63,8	25,5	fr.li.	no adhesiva	no plástica	abun.medias
Bt	26,6	51,2	22,2	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	abun.medias
BCK	23,0	53,9	23,1	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	pocas-finas
Ckx	21,9	61,6	16,5	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	pocas- finas

Pedón 3 - Natracualf Típico. (27°57'53.57"S. 61°37'4.13"O). Serie Pumita - Dpto. Fray Justo Santa Maria de Oro.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
A	0-14	claro-suave	10YR 6/1	10YR 3/1	migajosa m.d.	blanda	muy friable
Eg	14-28	claro-suave	10YR 7/1	10YR 5/1	migajosa f.d.	blanda	muy friable
Bt1	28-43	claro-suave	10YR 5/2	10YR 3/2	bloques angulares m.m.	dura	firme
Bt2	43-56	claro-suave	10YR 6/2	10YR 3/2	bloques subang. m.m	dura	firme
BC	56-75	claro-suave	10YR 7/2	1YR 5/3	bloques subang. g.m	lig. dura	friable
Cx	75-105	claro-suave	10YR 6/3	10YR 5/4	masiva	lig. dura	friable
C	105-115	claro-suave	10YR 6/6	10YR 6/6	masiva	lig. dura	friable
Ck	115-130		10YR 7/3	10YR 6/6	masiva	lig. dura	friable

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
A	27,8	66,2	6,0	fr.arc.li.	no adhesiva	no plástica	abundantes-medias
Eg	30,0	64,4	5,6	fr.arc.li.	no adhesiva	no plástica	abundante-medias
Bt1	39,6	55,5	10,5	fr.arc.li.	adhesiva	plástica	comunes-finas
Bt2	39,0	46,7	14,3	arc.li.	muy adhesiva	muy plástica	pocas- finas
BC	34,8	57,2	8,0	fr.arc.li.	adhesiva	plástica	muy pocas –finas
Cx	20,8	53,0	26,2	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	-
C	20,9	49,0	29,1	fr.	lig. adhesiva	lig. plástica	-
Ck	14,3	68,8	16,9	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	-

Pedón 4 - Hapludol Ácuico. (26°53'10.91"S. 60° 4'22.10"O). Serie Tacural - Dpto. 25 de Mayo.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
A1	0-18	claro-suave	10YR 4/2	10YR 2/2	migajosabg. m	lig. dura	firme
A2	18-33	claro-suave	10YR 3/1	10YR 2/1	migajosa m.m.	lig. dura	friable
AB	33-60	claro-suave	10YR 2/1	10YR 1,7/1	migajosa m. m.	lig. dura	friable
B	60-78	abrupto-suave	5YR 5/3	5YR 3/3	bloques angulares m.m.	dura	firme
Cx1	78-105	claro-suave	5YR 4/2	5YR 2/2	masiva	dura	firme
Cx2	105-140		5YR 5/3	5YR 3/3	masiva	dura	firme

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
A1	31,1	45,1	23,8	fr.li.	adhesiva	lig. plástica	abundantes-medias
A2	35,4	47,4	11,2	fr.arc.li.	no adhesiva	lig. plástica	abundante-medias
AB	30,6	39,1	30,3	fr.arc.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	abundantes-finas
B	29,5	37,4	33,1	fr.arc.	adhesiva	plástica	comunes- finas
Cx1	28,3	41,9	29,8	fr.arc.	adhesiva	plástica	muy pocas –finas
Cx2	28,3	36,8	34,9	fr.arc	adhesiva	plástica	muy pocas finas-

Pedón 5 - Natrudalf Ácuico (27°57'43.75"S. 61°24'20.63"O). Serie Tres Mojones - Dpto. Fray Justo Santa Maria de Oro.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
A	0-17	claro-suave	7,5YR 4/2	7,5YR 3/2	migajosa m.m.	lig. dura	friable
Bt1	17-37	gradual -suave	7,5YR 5/3	7,5YR 2/3	bloques angulares f.f.	lig. dura	friable
Bt2	37-60	gradual-suave	7,5YR 5/4	7, 5YR 3/4	bloques angulares f.f.	lig. dura	firme
Cx	60-140		7,5YR 6/4	7,5YR 4/4	masiva	lig. dura	friable

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
A	28,1	64,9	7,0	fr.arc.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	abundantes-medias
Bt1	35,5	57,5	7,0	fr. arc.li.	adhesiva	plástica	comunes-medias
Bt2	31,4	59,3	16,3	fr.arc.li.	adhesiva	plástica	pocas-finas
Cx	17,4	69,3	13,3	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	muy pocas-finas

Pedón 6 - Hapludol Fluvacuéntico. (27°52'54.95"S. 61° 9'40.86"O). Serie Tres Puertas - Dpto. Fray Justo Santa Maria de Oro.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
A	0-14	abrupto- suave	10YR 5/3	10YR 3/3	migajosa f. d.	suelta	friable
AC	14-28	claro-suave	10YR 5/2	10YR 3/2	migajosa m. d.	suelta	friable
C	28-47	abrupto-suave	10YR 5/3	10YR 3/3	masiva	suelta	friable
Cx	47-92	claro-suave	10YR 5/6	10YR 4/4	masiva	dura	firme
C	92-146		10YR 5/6	10YR 4/4	masiva	suelta	friable

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
A	31,0	63,3	5,7	fr.arc.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	abundantes-medias
AC	36,0	56,7	7,3	fr.arc.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	abundante-medias
C	36,5	55,4	8,7	fr.arc.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	comunes-finas
Cx	12,5	64,2	23,3	fr..li.	no adhesiva	no plástica	pocas- finas
C	15,3	67,5		fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	muy pocas –finas

Pedón 7 - Fragiudept Ácuico. (27°29'19.36"S. 60°21'4.53"O). Serie Samuhú - Dpto.San Lorenzo.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
A	0-14	claro- suave	5YR 5/2	5YR 3/2	migajosa m.d.	lig. dura	suelta
E	14-28	claro-suave	5YR 6/2	5YR 4/2	migajosa m.d.	suelta	suelta
B	28-47	claro-suave	5YR 4/2	5YR 3/2	bloques subang. f. m.	dura	friable
Cx	47-67	claro-suave	5YR 3/6	5YR 2/4	masiva	dura	firme
C	67-140		5YR 5/6	5YR 4/6	masiva	lig. dura	friable

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
A	22,2	73,4	4,4	fr.li.	lig. adhesiva	lig. plástica	abundantes-gruesas
E	22,6	63,5	13,9	fr.li.	no adhesiva	no plástica	abundante-medias
B	24,7	63,4	11,9	fr.li.	adhesiva	plástica	comunes-finas
Cx	14,9	41,9	43,2	fr.	lig. adhesiva	lig. plástica	pocas- finas
C	7,0	29,5	63,5	fr.ar.	no adhesiva	no plástica	pocas –finas

Pedón 8 - Fragiudept Ácuico. (27° 9'1.21"S. 60°51'28.07"O). Serie Villordo - Dpto. 9 de Julio.

Horiz.	Prof. cm	Limite	Color seco	Color húmedo	Estructura	Consist. seco	Consist. húmedo
A	0-26	claro-suave	5YR 5/2	5YR 3/2	migajosa g.d.	suelta	friable
E	26-40	abrupto-suave	5YR 5/3	5YR 3/3	migajosa f.d	suelta	friable
Bx	40-60	claro-suave	5YR 5/4	5YR 3/4	bloques f.f.	dura	friable
BC	60-80	gradual-suave	5YR 6/3	5YR 4/3	bloques subang. m.m.	dura	friable
C1	80-110	gradual-suave	5YR 6/4	5YR 4/4	masiva	dura	friable
C2	110-140		5YR 6/6	5YR 4/6	masiva	dura	friable

Horiz.	% arc.	% limo	% are.	Clase textural	Adhesividad	Plasticidad	Raíces cantidad tamaño
A	13,3	26,7	60,0	fr.li.	no adhesiva	no plástica	comunes- medias
E	17,9	28,7	53,4	fr.ar.	no adhesiva	no plástica	comunes-finas
Bx	24,2	31,1	44,7	fr.	lig. adhesiva	lig. plástica	pocas-finas
BC	20,4	30,8	48,8	fr.	lig. adhesiva	lig. plástica	pocas-finas
C1	18,6	32,3	50,9	fr.	lig. adhesiva	lig. plástica	-
C2	34,0	28,8	37,2	fr.arc.	lig. adhesiva	lig. plástica	

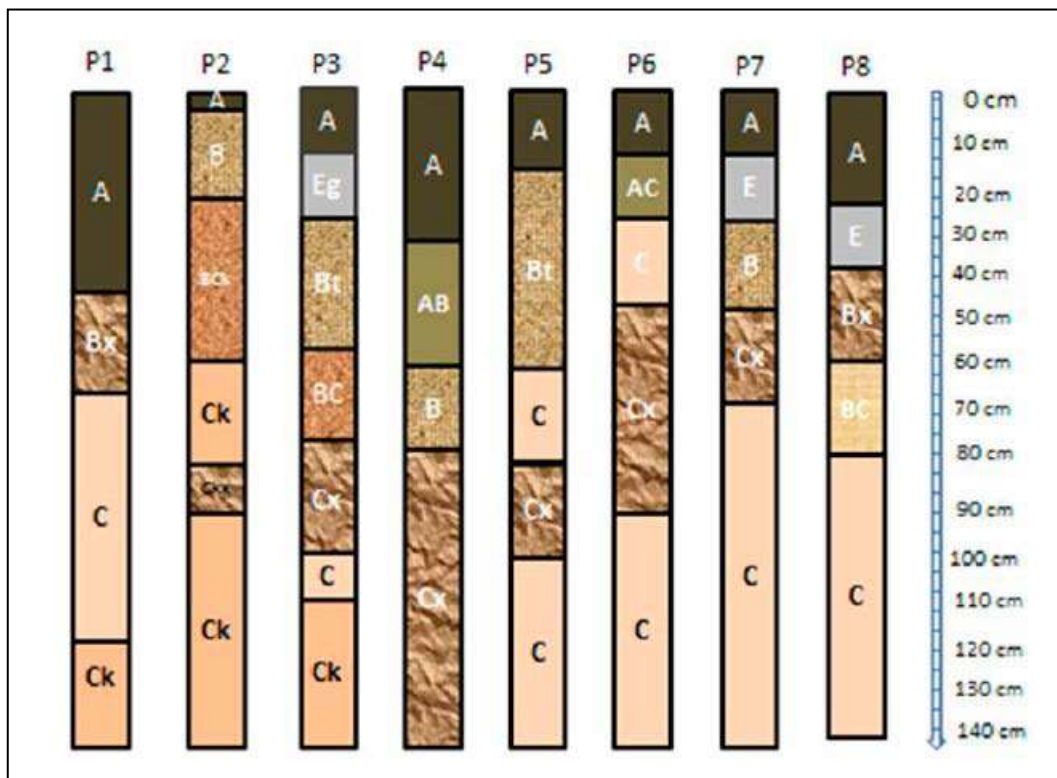


Figura 9: Representación esquemática a escala, de los perfiles de suelos.

Figure 9: Scale schematic representation of soil profiles.

Tabla 3: Propiedades físicas y químicas de los suelos.**Table 3:** Physical and chemical properties of soils.**Pedón 1** - Natrustol Léptico (27°47'52.82" S. 60°57'50.43" O). Serie Copa - Dpto. Comandante Luis J. Fontana.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
Ap	6,4	1,41	-	1,64	17,4	5
A	6,3	1,04	-	2,90	20,1	8
Bx	6,6	0,77	-	3,50	19,7	30
C1	7,3	0,20	0,1	4,48	26,7	27
C2	7,6	0,12	0,2	5,72	25,5	28
Ck	8,0	0,11	4,0	4,36	22,4	34

Pedón 2 - Natrustalf Ácuico. (27° 8'16.91" S. 61°28'42.42" O). Serie 12 de Octubre - Dpto. 12 de Octubre.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
A	5,5	3,41	-	1,64	17,0	2
Bt	6,6	1,05	0,3	2,77	21,2	5
Bck	7,5	0,34	0,8	10,95	21,2	24
Ckx	7,9	0,11	2,8	11,50	28,2	34

Pedón 3 - Natracuall Típico. (27°57'53.57" S. 61°37'4.13" O). Serie Pumita - Dpto. Fray Justo Santa Maria de Oro.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
A	6,9	3,07	-	4,99	24,5	20
Eg	6,7	1,34	-	14,21	20,6	28
Bt1	6,7	1,07	-	10,94	25,0	24
Bt2	6,7	0,67	-	14,40	29,5	29
BC	6,8	0,33	-	31,40	30,4	40
Cx	7,0	0,17	-	18,72	24,9	36
C	7,2	0,16	0,3	22,40	33,9	31
Ck	7,4	0,14	0,8	22,08	23,6	29

Pedón 4 - Hapludol Ácuico. (26°53'10.91" S. 60° 4'22.10" O). Serie Tacural - Dpto. 25 de Mayo.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
A1	5,8	2,03	-	1,11	22,6	1,8
A2	6,2	1,52	-	1,08	26,7	1,9
AB	6,2	0,86	-	0,58	21,9	2,3
B	6,0	0,42	-	0,61	18,1	2,2
Cx1	6,2	-	0,0	0,82	15,8	3,2
Cx2	6,1	-	0,0	0,72	16,5	1,8

Pedón 5 - Natrudalf Ácuico. (27°57'43.75" S. 61°24'20.63" O). Serie Tres Mojones -Dpto. Fray Justo Santa Maria de Oro.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
A	6,0	1,94	-	1,64	24,6	4
Bt1	6,5	0,82	-	2,77	22,8	21
Bt2	6,8	0,50	0,3	10,95	27,4	26
Cx	7,4	0,30	0,2	11,50	23,9	44

Pedón 6 - Hapludol Fluvacuéntico. (27°52'54.95" S. 61° 9'40.86" O). Serie Tres Puertas - Dpto. Fray Justo Santa Maria de Oro.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
A	6,4	2,79	-	4,06	34,6	7
AC	6,6	1,70	-	5,15	33,9	15
C	6,5	1,12	-	7,61	36,1	24
Cx	6,6	0,42	-	9,75	35,9	36
C	7,4	0,32	-	15,21	22,1	72

Pedón 7 - Fragiudept Ácuico. (27°29'19.36" S. 60°21'4.53" O). Serie Samuhú - Dpto. San Lorenzo.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
A	6,2	3,5	-	0,96	18,7	2
E	6,6	1,51	-	0,40	16,0	3
B	6,0	1,03	-	0,36	18,4	9
Cx	6,2	1,06	0,1	1,36	29,5	16
C	7,1	1,06	0,3	6,27	-	-

Pedón 8 - Fragiudept Ácuico. (27° 9'1.21" S. 60°51'28.07" O). Serie Villordo - Dpto. 9 de Julio.

Horiz.	pH (pasta)	C org. %	CaCO ₃ %	Conductividad dS/m	CIC cmol/kg	Na ⁺ int. %
A	6,1	0,59	-	0,32	7,2	3
E	6,4	0,60	-	0,31	8,2	9
Bx	6,4	0,32	-	0,80	12,1	2
BC	6,7	0,25	-	0,42	7,5	7
C1	6,7	-	-	0,69	8,4	2
C2	6,4	-	-	1,41	15,5	3

■ GÉNESIS DE FRAGIPANES

La génesis del fragipán está abierta a un debate considerable. Los científicos del suelo discuten a menudo sobre la definición de fragipán y si existen o no fragipán en ciertos paisajes. La identificación de fragipanes en el campo es un complejo problema. Los reconocedores de suelos toman sus decisiones en el campo sobre la base de las características morfológicas y propiedades que observan y registran en cada punto de observación.

Cualquier horizonte continuo que impide el movimiento del agua y el crecimiento de las raíces es importante para la clasificación del suelo, particularmente para las interpretaciones de suelos para el crecimiento vegetal y para la manipulación de la ingeniería. El agua se retiene por encima de la capa endurecida y se mueve lateralmente a lo largo de la pendiente. A pesar de los procesos que producen fragipanes son imperfectamente conocidos, estos panes están restringidos a una variedad climática y vegetación natural.

Uno de los factores de formación de los fragipanes se presume que es la presión generada por la contracción e hinchazón muy leve. Cuando está seco, la matriz de suelo normalmente tiene grietas muy finas entre los prismas, y arena muy fina, limo, y arcilla pueden ser lavadas en estas grietas cuando

termina la estación seca. Entonces, cuando el pan es humedecido, se hincha ligeramente. La fuerza de la hinchazón, sin embargo, se opone por los materiales que se han acumulado en las grietas entre los prismas y por el peso del suelo suprayacente. La presión interna así generada puede ser responsable de parte de la compactación.

Un segundo factor es la inercia del pan. Hinchazón y contracción producen poco movimiento de suelo. La fauna del suelo parece estar ausente, y raíces, restringidas entre los prismas, en su mayoría están orientadas verticalmente y no levantan el suelo a medida que crecen. La presión generada por el crecimiento de las raíces de los árboles leñosos es lateral, no vertical. La forma aplastada común de las raíces es testigo de la presión.

La teoría más aceptada del endurecimiento es que los granos esqueléticos forman paquetes densos y las arcillas silicatadas forman puentes entre estos granos para mantener unida a la matriz quebradiza. Otras teorías enfatizan la acción de diversos agentes cementantes, que incluyen hierro, compuestos aluminicos, intercapas de aluminio y sílice, etc. Numerosas investigaciones demostraron que la sílice era el elemento más abundante y el causante de la condición de fragipán.

En la provincia del Chaco los fragipanes se distribuyen espacialmente en el área conformada por los denominados Bajos Submeridionales, cuya génesis geológica, citando a Popolizio & Serra (1973) es la siguiente:

"Durante el Terciario se han sucedido cambios climáticos que en el Cuaternario se manifestaron como períodos glaciales e interglaciales que afectaron globalmente el clima, aunque de distinta manera en las diferentes regiones del planeta, dando lugar a variaciones notorias del nivel del mar, nivel de base general de los sistemas de escurrimiento. Dichos cambios se tradujeron en la región NEA en la instalación de condiciones más «secas» y más «húmedas» que las actuales (términos que usamos para simplificar condiciones de mayor aridez y menor temperatura y otras subtropicales más cálidas y lluviosas, respectivamente). Entre ellas se instalaron fases de transición de seco a húmedo y viceversa consideradas como rexistásicas. Por alguna razón aun no muy bien conocida, los periodos de transición a húmedo y húmedos, parecen haber coincidido con procesos de levantamiento tectónico de bloques, en tanto que los secos generaron grandes superficies de erosión (pediplanos) o planación lateral laminar (pedimentos), con sus depósitos correlativos. A lo largo de la historia evolutiva, el sector este de la cuenca Chacoparanaense se ha caracterizado por un levantamiento progresivo con la incorporación de sectores situados hacia el este, más significativos y complicados que en el oeste. En el centro, en cambio, la tendencia dominante fue la de descenso, de manera que los depósitos correlativos de los pediplanos se acumularon en esta última. A partir del Neógeno, el proceso de descenso permitió el ingreso de mares atlánticos, cuya magnitud fue disminuyendo hasta nuestros días y fueron denominados Mar Pampeano y Mar Post pampeano."

"En la llanura chaqueña, durante el Pampeano medio habría convertido la zona en un gigantesco plano inclinado, con valles labrados desde el nivel que originó el Belgranense inferior y durante el período rexistásico a seco se formaron conoides aluviales en el Bermejo, el Pilcomayo y el propio Salado. El primero de ellos llegó hasta el actual río Negro de Resistencia (Chaco) originando la sobreelevación de los lechos y derrames laterales en los múltiples brazos que formaba y que durante el Belgranense superior quedaron sobreelevados con relación a dichos sedimentos de origen lagunar o de cañadas y esteros. Los extremos terminales del Salado lograron atravesar el Dorso Central e ingresaron en los Bajos Sub-

meridionales. Un paleocauce principal parece haberse desarrollado entre Gral. Pinedo y Gancedo con rumbo sur y luego otro debe haber sido la causa del origen de la cañada de Las Víboras. El Pampeano superior se inició con un nuevo rexistásico seco y avance de las condiciones de aridez acentuada, con planación lateral en los valles fluviales, cuyos cursos adquirieron carácter torrencial. El levantamiento de los bloques del Dorso Central y el Oriental del Chaco, que tuvo lugar en el período húmedo anterior, solo permitió que los atravesaran los conoides aluviales del Bermejo y Pilcomayo que reactivaron el anterior. También los efectos de la Neotectónica deben haber afectado la unidad Planicie de acumulación con bosques y sabanas descendiendo los bloques del basamento y acentuando la depresión intra dorsales que sustenta los Bajos Submeridionales. Los ambientes de lagunas cañadas y esteros del Belgranense, que subyacen a los sedimentos del Pampeano superior, se fueron secando y formaron evaporitas con depósitos salinos y yeso, (que en los perfiles pueden aparecer como paleo suelos) ello como consecuencia del ingreso al rexistásico seco del Bonaerense inferior. La acentuación de la aridez alcanzó el máximo durante el Bonaerense superior (biostásico seco), con intensos procesos de eolación por influencia de los vientos del SW. En consecuencia, en el Norte de Santa Fe y sobre el Dorso central Chaqueño se desarrolló un típico modelo de acumulación eólica, con cordones dunares, dunas y micro dunas muy bajas y anchas. Entre ellas se desarrollaron planicies de deflación, actualmente con sabanas pirógenas. Hacia el oeste, el modelo dunar y hacia el norte cordones paralelos que dan el aspecto «peinado» a la superficie y grandes campos de dunas predominantemente limosas con cristalitos de yeso dispersos en la masa Los antiguos valles que cruzaban el Dorso central del Chaco y el norte del Occidental de Santa Fe fueron colmatados por el material eólico.

En los Bajos Submeridionales de Santa Fe, la desaparición del Salado dejó un paleodelta al este de la cañada de Las Víboras y el levantamiento del dorso oriental originó la formación de una sucesión de lagunas orientadas de norte a sur, con altísima salinidad denominado Sistema de Las Golondrinas, emplazadas sobre el paleovalle. Un nuevo cambio hacia condiciones húmedas, con marcado aumento de las precipitaciones y sobre una paleomorfología semejante a la actual, inicia un período rexistásico que culmina con un biostásico húmedo y se corresponde con la denominada “época de los grandes lagos” cuyos sedimentos se asignan al Lujanense y que abarcó extensiones enormes. En los Bajos Submeridionales, estos lagos se extendieron sin discontinuidad y solo deben haber sobresalido los dorsos y los paleoderrames”

Los Bajos Submeridionales son una extensa depresión con una leve pendiente y una red de avenamiento muy poco organizada. Los niveles freáticos son poco profundos y las aguas subterráneas son salinas. Los suelos son mal drenados y salinos sódicos, en su mayoría Natracuall. Se caracterizan por una fisonomía dominante de pajonales carente de árboles.

Se conoce como Cañada de las Víboras a una amplia depresión de origen estructural de unos 160 km de longitud y ancho bastante variable, de rumbo noroeste-sureste. Su perfil transversal es sumamente asimétrico, con el eje situado entre 1 y 2 km del borde sur y a decenas de kilómetros del borde norte. Está compuesto por una faja de esteros de 2 a 5 km de ancho en la parte más profunda y una gran área de bañados cubiertos por espartillo en la margen izquierda. Existen unas pocas fajas mal definidas de 200 a 400 m de ancho, de algunos decímetros de altura sobre el nivel general ocupadas por árboles dispersos, que corresponden a albardones de antiguos cauces del río Salado. El borde suroeste de la cañada está determinado por una fractura de unos 110 km de longitud y pocos metros de rechazo. La morfología de la cañada de las Víboras indica claramente que se trata de un bloque basculado hacia

el sur. Dicho movimiento se produjo sin duda en tiempos muy recientes, pues los cauces anteriores al mismo ubicados más al norte aún son definibles en la superficie del terreno. El ambiente de formación de sedimentos fue palustre, lo que se deduce de la presencia de manganeso y carbonato de calcio pulverulento, la abundancia de arcilla y el estado de oxidación del hierro.

Existen teorías que señalan que los fragipanes se formaron dónde está el horizonte más impermeable del suelo y que durante este proceso las soluciones infiltran y son retenidas por estos horizontes menos permeables. A medida que las plantas utilizan el agua del suelo, se concentra el material disuelto hasta que algunos productos precipitan y que el elemento cementante es material enriquecido con sílice.

La acidez del perfil de esos suelos muestra que el fragipán tiene generalmente el menor o aproximadamente el menor pH. En la mayoría de los casos el valor del pH aumenta alrededor de la unidad inmediatamente debajo del fragipán. Esta elevación del pH se refleja también en el porcentaje de saturación de bases. La relación Calcio/Magnesio es consistente menor en el fragipán. No está claro si es una causa o una consecuencia del fragipán. Se supone que el magnesio disminuye la solubilidad de la sílice y promueve su deposición.

Las Series Copa, Samuhú y Tres Puertas tienen pronunciados problemas por la presencia de fragipán, que fueron relacionados en todos los casos a elevación de la capa freática. También se encontró que cuanto más pobremente drenado estaba el suelo, la acumulación de arcilla y el fragipán se encontraban a mayor profundidad.

La teoría más aceptada de la cementación es que los granos esqueléticos forman paquetes densos y las arcillas silicatadas forman puentes entre estos granos para mantener unida a la matriz quebradiza. Otras teorías enfatizan la acción de diversos agentes cementantes, que incluyen hierro, compuestos aluminicos, intercapas de aluminio y sílice, etc.

■ ASPECTOS TAXONÓMICOS

La diversidad de criterios en la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy, 1999) ha resultado en la ubicación de suelos con *propiedades frágicas* en una gran variedad de taxones.

Las propiedades frágicas del suelo son esencialmente las propiedades de un fragipán, pero no tienen los requisitos de espesor del horizonte, ni el volumen para ser un fragipán. Las propiedades frágicas del suelo están en horizontes subsuperficiales, aunque pueden estar en o cerca de la superficie en suelos truncados. Los agregados con propiedades frágicas de suelos tienen una clase de resistencia a la ruptura de firme a muy firme y son quebradizos cuando el suelo está en o cerca de la capacidad de campo. Los fragmentos de fábrica natural, secados al aire, de 5 a 10 cm de diámetro, se “desmoronan” cuando son sumergidos en agua.

Los agregados con propiedades frágicas de suelo muestran evidencias de pedogénesis, que incluyen una o más de las siguientes: arcillas orientadas dentro de la matriz o sobre las caras de los agregados, rasgos redoximórficos dentro de la matriz o sobre las caras de los agregados, estructura del suelo de fuerte a moderada y revestimientos de materiales álbicos o granos de limo y arena sin revestimientos sobre las caras de los agregados o en vetas. Los agregados con estas propiedades se consideran que tienen propiedades frágicas de suelo a menos que su densidad o ruptura no sean pedogénicas.

Características requeridas por Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy, 1999).

- 1) 15 cm o más de espesor.
- 2) Muestra evidencias de pedogénesis dentro del horizonte.
- 3) Tiene una estructura prismática gruesa, columnar o en bloques de cualquier grado, una estructura débil de cualquier tamaño o es masiva. Con separaciones entre unidades estructurales que permitan la entrada de las raíces y tienen un espacio horizontal promedio de 10 cm o más.
- 4) Fragmentos secados al aire del suelo natural, de 5 a 10 cm de diámetro se “desmoronan” en más del 50% de la capa cuando son sumergidos en agua.
- 5) 60% o más del volumen, una clase de resistencia a la ruptura de firme a muy firme, una fractura quebradiza en o cerca de la capacidad de campo y virtualmente no tiene raíces.
- 6) La capa no produce efervescencia en HCl diluido.

Los pedones descritos en las Cartas de Suelos de la provincia del Chaco (Ledesma *et al.* 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1996, 1998, 1999) y objeto de este trabajo, corresponden a los siguientes subgrupos taxonómicos:

Pedón 1: Natrustol Léptico, familia limosa fina, mixta, hipertérmica.

Sección control de familia de 25 a 43 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos: epipedón mólico, horizonte argílico-nátrico, levemente textural. Régimen ústico de humedad del suelo.

Pedón 2: Natrustalf Ácuico, familia limosa fina, mixta, hipertérmica.

Sección control de familia de 4 a 23 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos: epipedón ócrico, horizonte argílico-nátrico, fuertemente textural. Régimen ácuico de humedad del suelo.

Pedón 3: Natracualf Típico, familia arcillosa fina mixta, montmorillonítica, hipertérmica.

Sección control de familia de 28 a 56 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos: epipedón ócrico, horizonte albico, horizonte argílico moderadamente textural. Régimen ácuico de humedad del suelo.

Pedón 4: Hapludol Ácuico, familia franca fina, mixta, hipertérmica.

Sección control de familia de 25 a 100 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos: epipedón mólico. Régimen údico de humedad del suelo.

Pedón 5: Natrudalf Ácuico, familia limosa fina, mixta, hipertérmica

Sección control de familia de 17 a 60 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos: epipedón ócrico, horizonte argílico-nátrico, levemente textural. Régimen údico de humedad del suelo.

Pedón 6: Hapludol Fluvacuéntico, Familia arcillosa fina, montmorillonítica, hipertérmica.

Sección control de familia de 25 a 47 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos: epipedón mólico. Régimen ácuico de humedad del suelo.

Pedón 7: Fragiudept Ácuico, limosa fina, mixta, hipertérmica.

Sección control de familia de 25 a 47 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos. Epipedón ócrico, fragipán. Régimen ácuico de humedad del suelo.

Pedón 8: Fragiudept Ácuico, familia franca gruesa, hipertérmica.

Sección de control de familia de 25 a 40 cm de profundidad. Horizontes diagnósticos: epipedón ócrico y fragipán. Régimen údico de humedad del suelo.

■ ASPECTOS APLICADOS

Interpretación de los datos que proporciona la Cartografía de Suelos de cada Serie de Suelos considerada.

Pedón 1: Serie Copa

Es un Natrustol Léptico que se encuentra en lomas medias tendidas, moderadamente evolucionadas, de relieve normal. Tiene un horizonte superficial color gris rojizo oscuro, textura media sobre pesada; un subsuelo gris rojizo oscuro, textura pesada, que descansa sobre un material pardo rojizo, textura media. Medianamente provisto de materia orgánica; alto contenido en fósforo; buena capacidad de retención de agua hasta los 180 cm de profundidad estudiados; medianamente ácido hasta el subsuelo y su material originario neutro con su base ligeramente alcalina; muy rico en calcio, magnesio y potasio; alta capacidad de intercambio de cationes; bajo porcentaje de saturación de bases.

Limitaciones principales: fragipán en el horizonte B, alrededor de los 60 cm de profundidad, al que se agregan salinidad y sodicidad moderados a partir de dicha profundidad.

Es un suelo de aptitud agrícola extensiva.

La vegetación natural es de arbustamiento con base de gramillar-pastizal:

Gramillar-pastizal base: *Cynodon dactylon*, *Paspalum acuminatum*, *Rumex sp*, *Sorghastrum lagroides*, *Cenchrus myosuroides*.

Arbustamiento: *Senecio sp*, *Prosopis spp*, *Cestrum parqui*, *Prosopis kuntzei*.

El horizonte A varía alrededor de los 18 cm de espesor, textura media que cambia a pesada en su base; el B alrededor de 60 cm, textura pesada, con fragipán en su base; el C se presenta a partir de los 70 cm de profundidad, en estratos de textura media y pesada, con concentraciones de calcio a partir de los 120 cm de profundidad.

Pedón 2: Serie 12 de Octubre

Es un Natrustalf Ácuico que se encuentra en lomas bajas tendidas, de desarrollo moderado, relieve subnormal. Tiene un horizonte superficial color gris rosado y un subsuelo pardo rojizo, que descansa sobre un material amarillento rojizo. Perfil completo textura media. Moderadamente alto contenido de materia orgánica; mediana capacidad de retención de agua hasta los 150 cm. de profundidad estudiados; alto contenido en fósforo; fuertemente ácido en superficie y ligeramente alcalino en profundidad; muy rico en calcio, rico en magnesio, muy rico en potasio; fuertemente sódico; fuertemente salino; moderadamente alta a alta capacidad de intercambio de cationes; bajo porcentaje de saturación de bases. Suelo somero, con penetración efectiva de raíces de plantas nativas, hasta alrededor del medio metro de profundidad.

Limitantes principales: erosión hídrica moderada, acidez, suelo salino sódico. Es un suelo de aptitud ganadera extensiva.

La vegetación natural es de pajonal arbolado, arbustivo, palmas:osquetes: *Prosopis kuntzei*, *Opuntia quimilo*, *Cercidium australe*, *Acacia aroma*.

Pajonal: *Elionorus sp.*, *Vernonia chamaendrys*, *Schyzachyrium paniculatum*, *Coniza bonariensis*.

Tiene el horizonte A que varía entre 14 a 21 cm de espesor, el B entre 20 a 40 cm, el Ck a partir de los 70 a 120 cm de profundidad. El perfil completo textura media a pesada.

Pedón 3: Serie Pumita

Es un Natracuallf Típico que se encuentra en lomas bajas tendidas y plateas de cañadas, moderadas, de relieve subnormal. Tiene un horizonte superficial color gris, textura pesada, con su base lixiviada y gleyzada; un subsuelo pardo grisáceo, textura pesada, que descansa sobre un material amarillento pardusco, textura pesada a media. Medianamente provisto de materia orgánica; alta capacidad de retención de agua hasta los 130 cm de profundidad estudiados; mediano contenido en fósforo; medianamente ácido; muy rico en calcio, magnesio y potasio; alta capacidad de intercambio de cationes; alto porcentaje de saturación de bases.

Limitantes principales: extremadamente salino y fuertemente sódico. Es un suelo de aptitud ganadera extensiva

La vegetación natural es de pajonal con base de suelo desnudo, matorrales aislados e isletas de algarrobo:

Pajonal: espartillo: *Elionorus sp.*

Matorrales aislados: *Alleurolfea vaginata*, *Cyclolepis genistopides*

Isletas de algarrobal: *Prosopis sp*, *Geoffroea decorticans*

El horizonte A varía entre 10 a 17 cm de espesor, textura pesada y media; el E entre 8 a 15 cm de espesor, textura pesada y media; el B entre 20 a 50 cm de espesor, textura pesada; el C con carácter de fragipán en los primeros 30 a 40 cm, se presenta a partir de los 60 a 80 cm de profundidad, textura media, con concentraciones de calcio a partir de los 70 a 130 cm de profundidad. Suelo moderadamente profundo, con penetración efectiva de raíces hasta alrededor de 1 metro.

Pedón 4: Serie Tacural

Es un Hapludol Ácuico que se encuentra en antiguos cauces de ríos (paleocauces), conocidos localmente como “caños”, que tienen forma de lomas medias bajas tendidas, moderadamente evolucionadas, de relieve subnormal. Tiene un horizonte superficial color pardusco a negro textura media, un subsuelo pardo rojizo claro, textura pesada, que descansa sobre un material pardusco lixiviado, textura media. Medianamente provisto de materia orgánica. Buena capacidad de retención de agua hasta los 140 cm de profundidad estudiados; fuertemente ácido, rico en calcio y magnesio, muy rico en potasio; moderadamente alta a alta capacidad de intercambio de cationes; alto porcentaje de saturación de bases. Suelo moderadamente profundo, con penetración efectiva de raíces hasta alrededor de 1 m.

Limitantes principales: drenaje imperfecto; napa de agua alta que limita la penetración de las raíces de las plantas cultivadas y anegabilidad. Suelo de aptitud agrícola.

La vegetación natural es de pajonal invadido por leñosas:

Invasoras altas: *Geoffroea decorticans*, *Acacia aroma*, *Acacia praecox*, *Celtis sp.*, *Castela coccinea*, *Opuntia quimilo*, *Schinopsis balansae*.

Invasoras bajas: *Prosopis elata*, *Mimozyanthus carinatus*.

Pajonal: *Elionorus sp*

El horizonte A tiene un espesor que varía entre 25 a 31 cm de espesor, de textura media y pesada; el B entre 20 y 56 cm de textura pesada; el C se presenta a partir de los 55 a 76 cm de profundidad con textura media y pesada, con carácter de fragipán.

Pedón 5: Serie Tres Mojones

Es un Natrudalf Ácuico que se encuentra en lomas medias tendidas, jóvenes, de relieve normal. Tiene un horizonte superficial color pardo; textura pesada; un subsuelo pardo, textura pesada, que descansa sobre un material pardo claro, lixiviado, textura media, con fragipán intermedio. Medianamente provisto de materia orgánica; medianamente alta capacidad de retención de agua, hasta los 140 cm de profundidad estudiados; alto contenido en fósforo; medianamente ácido en superficie, neutro en profundidad; ligeramente salino; muy rico en calcio, bueno en magnesio, muy rico en potasio; fuertemente sódico; alta capacidad de intercambio de cationes; mediano porcentaje de saturación de bases.

Limitantes principales: sales, sodio y fragipán. Es un suelo de aptitud agrícola con restricciones.

La vegetación natural es de pajonal con gramillar base; puede alcanzar forma de ramera:

Pajonal: *Elionorus sp.*, *Schyzachyrium paniculatum*, *Tessaria sp.*, *Paspalum urvillei*, *Trichloris pluriflora*.

Gramillar base: *Cynodon dactylon*, *Hymenachne amplexicaule*, *Gamochoeta calviceps*.

Leñosas potencialmente invasoras: *Prosopis kuntzei*, *Trithrinax biflabellata*, *Acacia aroma*, *Prosopis sp*, *Geoffroea decorticans*.

El horizonte A tiene un espesor que varía entre 15 a 17 cm, textura media y pesada; el B entre 25 a 65 cm, textura pesada; el C lixiviado, se presenta a partir de los 50 a 85 cm, textura media a pesada. Suelo moderadamente profundo, con penetración efectiva de raíces hasta alrededor de un metro.

Pedón 6: Serie Tres Puertas

Es un Hapludol Fluvacuéntico que se encuentra en lomas medias altas, cerradas, jóvenes, de relieve normal. Tiene un horizonte superficial color pardo, textura media y pesada, que descansa sobre un material pardo, textura media. Medianamente provisto de materia orgánica; medianamente alta capacidad de retención de agua hasta los 146 cm de profundidad estudiados; alto contenido en fósforo; débilmente ácido; muy rico en calcio, magnesio y potasio; alta capacidad de intercambio de cationes; medio porcentaje de saturación de bases.

Limitantes principales: moderadamente salino; fuertemente sódico; fragipán entre los 50 a 100 cm de profundidad; duripán incipiente entre los 100 a 150 cm de profundidad.

Es un suelo forestal que debería utilizarse para ganadería.

La vegetación natural es de árboles altos, fachinal y vegetación basal:

Arboles altos: *Syderoxylon obtusifolium*, *Ziziphus mistol*, *Aspidosperma quebracho- blanco*, *Schinopsis lorentzii*, *Caesalpineia paraguarensis*.

Fachinal: *Acacia praecox*, *Celtis sp.*, *Schinus polygamus*, *Castela coccinea*, *Jodina rhombifolia*.

Vegetación basal tipo cardal: *Aechmea distichantha*, *Trichloris pluriflora*, *Setaria argentina*.

El horizonte A varía entre 40 a 70 cm de espesor, textura media y pesada; el C lixiviado de carbonatos, se presenta a partir de esa profundidad, textura media. Suelo somero, con penetración efectiva de raíces hasta 0,5 metro.

Pedón 7: Serie Samuhu

Es un Fragiudept Ácuico que se encuentra en lomas medias tendidas y en lomas medias bajas tendidas, anegables, evolucionadas. Tiene un horizonte superficial, color gris rojizo, textura media; con su base en proceso de pseudopodsolización; un subsuelo color gris rojizo oscuro, textura media, sobre un material rojo amarillento, textura media con fragipán en su parte superior. Moderadamente alto contenido de materia orgánica; buena capacidad de retención de agua hasta los 140 cm de profundidad estudiados; fuertemente ácido; muy rico en calcio, magnesio y potasio, alto contenido en fósforo, moderadamente alta a alta capacidad de intercambio de cationes; bajo porcentaje de saturación de bases. Suelo somero, con profundidad efectiva de penetración de raíces hasta alrededor de 0,5 metro.

Limitantes principales: susceptibilidad a la erosión hídrica; anegabilidad; napa alta; ligeramente salino, ligeramente sódico.

Es un suelo forestal con aptitud marginal para agricultura, preferiblemente para ganadería.

La vegetación natural es de bosque maderable y fachinal en falda guardafuego:

Arboles altos: *Luehea divaricata*, *Astronium balansae*, *Tabebuia impetiginosa*, *Schinopsis balansae*, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Patagonula americana*, *Phytolacca dioica*, *Bumelis obtusifolia*.

Fachinal: *Acacia praecox*, *Allophylus edulis*, *Schinus polygamus*, *Eugenia uniflora*.

El horizonte A, presenta un espesor que varía entre 7 a 16 cm, textura media; el E entre 7 a 13 cm, textura media; el B entre 20 a 43 cm de espesor, textura media y textura pesada; el C se presenta a partir de los 60 a 80 cm de profundidad, textura pesada y media, con carácter de fragipán en su parte superior.

Pedón 8: Serie Villordo

Es un Fragiudept Ácuico que se encuentra en medias lomas bajas tendidas, de relieve subnormal, en cauces fósiles con procesos actuales de colmatación. Tiene un horizonte superficial color pardo grisáceo, de textura media; con un fragipán incipiente muy oxidado, sobre un material de color anaranjado, de textura pesada. Es un suelo moderadamente pobre en materia orgánica; moderada capacidad de retención de agua hasta los 140 cm de profundidad estudiados; fuertemente ácido en todo el perfil; normal en calcio y magnesio y muy rico en potasio, alto contenido en fósforo; moderada capacidad de intercambio catiónico con penetración efectiva de raíces inferior a 1 metro.

Limitantes principales: bajo nivel de materia orgánica; drenaje interno impedido, con fragipán incipiente y el riesgo de erosión hídrica. Suelo de aptitud ganadera extensiva.

La vegetación natural es de pastizal-pajonal con arbustos:

Pastos altos: *Elionorus sp.*, *Trichloris crinita*.

Arbustos: *Prosopis kuntzei*, *Prosopis sp*, *Schinopsis balansae*, *Acacia aroma*, *Celtis sp*, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Tessaria dodonaefolia*, *Gamochaeta sp.*, *Senecio sp.*, *Verbena sp*, *Coniza bonariensis*, *Lippia turbinata*, *Sisymbrium sp*, *Clematis sp*.

El horizonte A varía entre 13 a 20 cm de espesor, de textura media; el horizonte B, entre 20 a 60 cm de espesor, textura pesada; luego el horizonte C, de textura media. Fragipán incipiente en el Bx o C, nódulos cementados con hierro.

■ CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Los aspectos considerados permiten inferir que más de 50.000 ha del sudoeste de la provincia del Chaco están afectados por la presencia de fragipán en horizontes subsuperficiales de suelos.

La profundidad a la que se presenta esta característica varía entre 40 a 78 cm y su espesor fluctúa entre 20 a 60 cm.

El Pedón 2 representativo de la Serie 12 de Octubre merecería una mayor investigación en el terreno ya que presenta propiedades frágicas en un horizonte con acumulación de carbonato de calcio.

Los pedones 1 y 8 presentan fragipán en el horizonte B. En los pedones 2, 3, 4, 5, 6 y 7 la compactación se presenta en el horizonte C.

En la clasificación taxonómica a nivel de Subgrupo de suelo la característica analizada solo se manifiesta en el Pedón 7, Fragiudept Ácuico (Serie Samuhú) y en el Pedón 8, Fragiudept Ácuico (Serie Villordo).

Las Series Tacural y Tres Puertas (Pedones 4 y 6) están clasificados taxonómicamente como Haludoles con régimen de humedad ácuico.

Los pedones 1, 2, 3 y 5 poseen horizonte diagnóstico nátrico, pero solo el Pedón 1 (Serie Copa) presenta el fragipán en dicho horizonte.

El régimen de humedad ácuico y údico domina en los suelos que presentan fragipán, a excepción del Pedón 1 (Serie Copa) con régimen ústico.

El relieve dominante donde se presentan fragipanes es de medias lomas bajas tendidas con vegetación de gramillar y pajonal.

Las Series de Suelos Pumita (P3) y 12 de Octubre (P2) en lomas bajas tendidas presentan una vegetación natural de pajonal arbustado.

La Serie Tres Puertas (P6) es la única que presenta relieve en lomas altas y vegetación natural de bosque alto.

Es evidente la concentración de la presencia de fragipán en áreas con drenaje impedido, principalmente en los núcleos y platea de los Bajos Submeridionales. No es aventurado pensar que esta característica puede ser más común hacia el este de los Bajos teniendo en cuenta la mayor precipitación que presenta el área. Investigaciones de campo podrán probar esta hipótesis.

Este trabajo solo señala la presencia de fragipanes en la provincia del Chaco. Estudios de génesis, micromorfológicos, mineralógicos, de reconocimiento de suelos a campo, y ensayos de manejo de

suelos permitirán ampliar los conocimientos, corregir errores u omisiones, y señalar el manejo que se le puede dar a estos suelos.

■ BIBLIOGRAFÍA.

- Bockheim, JG & AE Hartemink. 2013. Soils with fragipans in the USA. *Catena* 104: 233-242.
- Etchevehere, PH. 1976. Normas de reconocimiento de Suelo. INTA. Publicación N° 156.
- INTA. 2013-2019. Desarrollo territorial de los Bajos Submeridionales y de la cuña boscosa del norte de Santa Fe. Proyecto Regional con Enfoque Territorial. Cartera: 2013 – 2019.
- Imbellone, PA & JE Giménez. 1998. Parent materials, buried soil and fragipans in Northwestern Buenos Aires province, Argentina. *Quatern. Int.* Vol. 51/52: 115-126.
- Imbellone, PA; JE Gimenez & JL Panigatti. 2010. Suelos de la región Pampeana. Procesos de formación. Ediciones INTA. Buenos Aires. 320 pp.
- Ledesma, LL. 1994. Conservación y Manejo de Suelos en el Centro y Oeste de la Provincia del Chaco INTA. EEA Sáenz Peña, Chaco. R.A.
- Ledesma, LL et al. 1989. Carta de suelos del Departamento 2 de Abril. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL et al. 1990. Carta de suelos del Departamento Fray Justo Santa Maria de Oro. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL et al. 1992 Carta de suelos del Departamento 9 de Julio. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL et al. 1993. Carta de suelos del Departamento Chacabuco. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL et al. 1984. Carta de suelos del Departamento Mayor Luis J. Fontana. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL et al. 1996. Carta de suelos del Departamento 12 de Octubre. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL et al. 1998. Carta de suelos del Departamento San Lorenzo. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL et al. 1999. Carta de suelos del Departamento 25 de Mayo. Convenio INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, LL & J J. Zurita. 1995. Los Suelos de la Provincia del Chaco. República Argentina. INTA, EEA Sáenz Peña. Chaco, R.A.
- Pereyra, F. 2003. Ecoregiones de la Argentina. SEGEMAR.
- Popolizio, E & P Serra. 1973. Geomorfología de los Bajos Submeridionales Centro de Geociencias Aplicadas, Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Humanidades.
- Schoeneberger, PJ; DA Wysocki; EG Benham & WD Broderson. 1998. Field Book for Describing and Sampling Soils. NRCS, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Soil Taxonomy. 1999. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. 2nd edition. NRCS, USDA. 869 pp.
- Soil Survey Staff. 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima edición. USDA-NRCS.

■ AGRADECIMIENTOS

“In memoriam” al Ing. Agr. M.S. Lino Luis Ledesma.