

Génesis de suelos y evolución del paisaje en el delta del río Paraná

Fernando X. PEREYRA^{1,2}, Valerie BAUMANN², Victoria ALTINIER¹, José FERRER¹ y Pablo TCHILINGUIRIAN²

¹Departamento de Cs. Geológicas, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, C. Universitaria, Pab.II. 1428 Buenos Aires. E-mail fxp@gl.fcen.uba.ar

²Dirección de Geología Ambiental y Aplicada-SEGEMAR. Avda. Roca 651, Buenos Aires

RESUMEN. Se analizan las relaciones existentes entre la evolución y distribución de los suelos y las características del paisaje en un sector del delta del Paraná en la provincia de Entre Ríos (33°00'-33°45'S y 58°30'-59°17'O). El delta del Paraná ha tenido una compleja evolución geomorfológica y geológica debida a la interacción entre el proceso fluvial, las ingresiones marinas y las acciones eólicas. Han sido diferenciadas nueve unidades geomórficas: 1) Faja aluvial del río Gualeguay, 2) Faja aluvial del Arroyo Ñancay, 3) Fajas aluviales de los cursos menores, 4) Delta del río Gualeguay, 5) Planicie deltaica; 6) Cordones litorales, 7) Antigua albufera y planicie de marea; 8) Planicie de deflación y acumulación eólica y 9) Dunas. Los suelos son principalmente Entisoles, Inceptisoles y Molisoles, reconociéndose una sucesión espacial de los mismos. La evolución de los suelos ha sido controlada por 1) una activa morfodinámica, 2) la existencia de características geomorfológicas que resultan en un régimen ácuico y 3) las fluctuaciones climáticas cuaternarias plasmadas en variaciones del nivel del mar. Finalmente, se estudian la distribución y principales propiedades de los suelos en relación con las características y evolución del paisaje.

Palabras clave: Delta del Paraná, Pedogénesis, Evolución del paisaje

ABSTRACT. *Soil genesis and landscape evolution in the Parana River Delta.* The relationships between landscapes features evolution and soil genesis and distribution are studied. The area is located in southern Entre Rios province (33°00'-33°45'S and 58°30'-59°17'W). The Parana River Delta, has a complex genetic evolution, due to river processes, marine ingressions and aeolian actions. These processes resulted in an unstable landscape, that imprinted its particular features in soils. Nine geomorphic units were recognized: 1) Gualeguay river alluvial plain and terraces, 2) Arroyo Ñancay aluvial plain and terraces, 3) Minor streams aluvial plains, 4) Gualeguay river delta, 5) Deltaic plain, 6) Beach ridges, 7) Old lagoon and tidal plain, 8) Loessic plain and 9) Dunes. Soils are mainly Entisols, Inceptisols and Mollisols, and a spatial trend is recognized in the Delta Region. Soil evolution is controlled by a) an active morphodynamic, b) soil landscape features that resulted in a dominant aquic regime of soils and c) Late Quaternary climatic fluctuations that resulted in sea level variations. Finally, soil development, soil features and distribution and soil drainage are studied in relation with landscape main features and evolution.

Key words: Parana River Delta, Pedogenesis, Landscape evolution

Introducción

La zona estudiada se encuentra localizada en el delta del río Paraná, en el territorio de la provincia de Entre Ríos (departamentos Gualeguay, Gualeguaychú e Islas) y forma parte del sector austral de la cuenca del río Paraná. Se halla comprendida entre los 33°00'-33°45' de latitud sur y los 58°30'-59°17' de longitud oeste (Fig. 1). Los objetivos del presente trabajo son caracterizar los suelos presentes en la región, analizar la distribución de los mismos según las diferentes unidades de paisaje y estudiar la evolución pedogenética y su relación con la evolución geomórfica regional. Los objetivos específicos son: 1) Definir las unidades geomórficas del área de estudio y evaluar los procesos morfogenéticos que las han generado; 2) Realizar un mapa geomorfológico de escala 1:100.000; 3) Caracterizar e identificar los suelos presentes, sus propieda-

des y los procesos pedogenéticos que han intervenido en su génesis; 4) Establecer la relación existente entre las diversas geoformas y los suelos asociados; 5) Realizar un mapa de condiciones de drenaje y 6) Vincular la distribución de los suelos, sus propiedades principales y su grado de desarrollo con los materiales parentales y el relieve.

Esta región experimenta frecuentes inundaciones debidas a sus propias características morfológicas, por lo que la distribución y génesis de los suelos debe ser encarada teniendo en particular atención la evolución y gran variabilidad geomórfica. Se suma a la inherente variabilidad de los ambientes deltaicos, la compleja historia geomórfica de esta región de nuestro país, en particular la alternancia de eventos ingresivos marinos y el proceso fluvial.

En función del estudio de las cartas satelitarias a escala 1:100.000, fotos aéreas (1:20.000), mapas topográficos a diversas escalas y la recopilación bibliográfica, se realizó

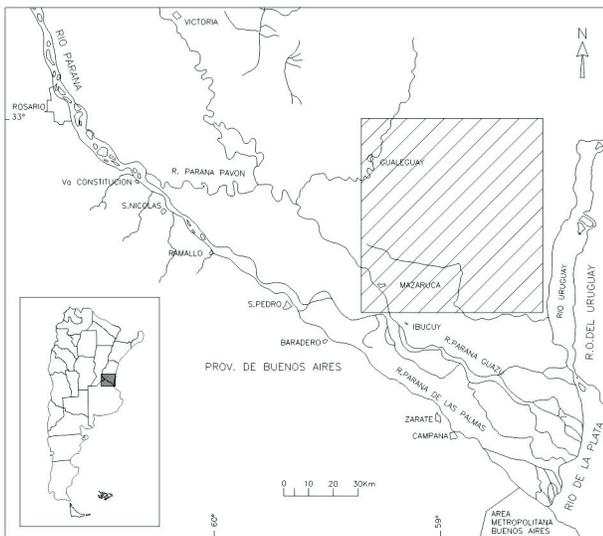


Figura 1: Mapa de ubicación de la región estudiada.

un mapa geomorfológico a escala 1:100.000 (en la presente contribución se incluye una versión a mayor escala). Se muestrearon los suelos presentes (28 calicatas) y los análisis fueron realizados en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue siguiendo las metodologías habituales.

La zona se halla comprendida dentro del clima templado húmedo. Según datos del Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio de Gualeguay) y el INTA (Observatorio Agrometeorológico Las Cabezas, 32°55'S-59°30'O) para el período 1930-1993, la precipitación media anual en la zona es de 1.000 mm, coincidiendo los meses más lluviosos con los más cálidos, de octubre a abril, y los menos lluviosos con los más fríos. Las precipitaciones mensuales en la ciudad de Gualeguay muestran una media anual de 1.043 mm, con un máximo absoluto de 1.716 y un mínimo absoluto de 553 mm. El régimen térmico es templado y para el período 1983-1993 se registra, en el observatorio de Las Cabezas, una temperatura media anual de 17°C que varía de 25°C en enero a 10°C en julio, mostrando una amplitud térmica de 15°C. Las temperaturas máximas absolutas rondan los 39°C y las mínimas absolutas los -4°C. La humedad relativa es elevada durante todo el año, con valores medios mensuales mayores a 66% y el mes de máxima saturación ambiental (80%) es julio (I.N.T.A. 1995). Los vientos predominantes proceden de los sectores nordeste, con masas de aire subtropical cálido y húmedo, y sudeste, con masas de aire húmedo y frío. Este último es más frecuente durante los meses de invierno y primavera. En lo que respecta a intensidad, los vientos se caracterizan por ser de suaves a leves (7 a 16 km/h). La menor intensidad se registra durante el verano, con un promedio de 9 km/h, luego va aumentando gradualmente hasta alcanzar su máximo durante los meses de primavera, con velocidades promedio de 15 km/h (I.N.T.A. 1995). Respecto a los balances hídricos de la región, realizados para las localidades de Paraná y Mazaruca, calculados según el método

de Thornthwaite y Matter, no se registra un período neto de déficit hídrico en el año, si bien como durante los meses de verano se produce utilización del agua del suelo, a pesar de ser los meses más lluviosos, pueden registrarse condiciones de limitación hídrica. Desde el punto de vista de la fitogeografía, la zona se encuentra comprendida dentro de la provincia pampeana, en lo que respecta a los sectores aledaños al delta propiamente dicho y a la provincia paranaense, en lo concerniente al delta del Paraná (Cabrera 1976 y Malvárez 1997).

Características del paisaje

El delta del río Paraná es un ambiente geológico desarrollado en el tramo inferior del río homónimo. Se encuentra comprendida en la Llanura Chaco-pampeana y su característica primordial es el bajo relieve relativo. Posee una serie de características derivadas del accionar de diferentes procesos geomórficos actuantes durante el Neógeno, cada uno de los cuales ha impreso su particular sello, controlando el accionar de los procesos actuantes posteriores, por lo que exhibe una gran heterogeneidad geomórfica que excede el marco estrecho de ambiente deltaico bajo el cual se lo ha considerado generalmente.

El paisaje regional es resultado principalmente del accionar del proceso fluvial, aunque éste actuó con diferentes intensidades y modalidades. Así, en el pasado, se comportó como un ambiente fluvial de tipo entrelazado y en otros como un río de hábito meandriforme. Cada uno de los mismos se caracteriza por poseer una específica asociación de geoformas, muchas de las cuales aún subsisten y pueden observarse en los antiguos niveles de planicies de inundación, como en las cercanías de Ibicuy y al sur de Victoria (fuera del área abarcada en el presente estudio). En ocasiones el paisaje evolucionó como un ambiente propiamente deltaico, como por ejemplo en la actualidad, si bien éste accionar ha tenido también diferencias temporales.

La región se ha visto sometida, durante el Cuaternario tardío, a dos ingresiones: una en el Pleistoceno superior y otra en el Holoceno medio (Groeber 1961; Iriondo y Scotta 1978 y Guida y González 1984). Los sedimentos marinos de edad pleistocena corresponden al Interensendense y Belgranense, mientras que los de edad holocena son de la Formación Querandí o Querandinense y de la Formación La Plata o Platense marino (Pereyra *et al.* 2003).

Se realizaron dos dataciones en el LATYR. Las muestras fueron pre-tratadas con lavado ácido eliminándose el 22% en peso superficial, y sintetizadas a benceno. Las mediciones de C¹⁴ se realizaron por espectrometría de centelleo líquido. La edad informada es en años radiocarbónicos antes del año 1950 (AP); usando el período de desintegración de 5.568 años. La primera muestra fue obtenida en la cantera Aguilar (al sur de Gualeguaychú), a aproximadamente 3 metros de profundidad, en un nivel limoso con abundantes bivalvos y dió una edad mayor de 40.000 años C¹⁴ AP, la que debe ser considerada en consecuencia como una edad mínima. La segunda muestra pro-

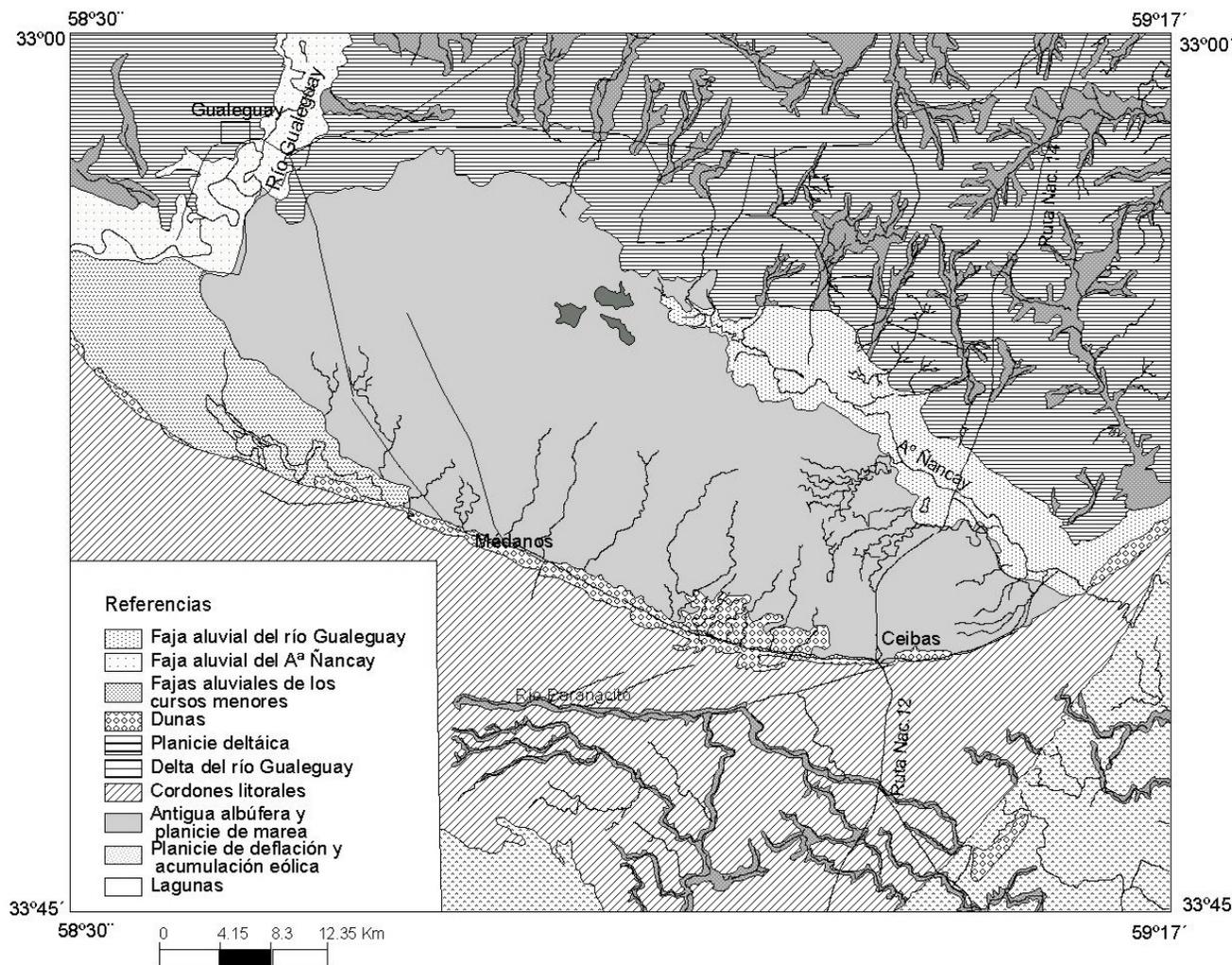


Figura 2: Mapa geomorfológico de la región estudiada

viene de un cordón de conchillas de la localidad de Puerto Ruiz, al sur de Gualeguay, y se obtuvo una edad de 5190 ± 90 años C^{14} AP.

Finalmente se suma como proceso importante el proceso eólico en el modelado regional. En la zona, tanto en la provincia de Buenos Aires, como en Entre Ríos, tuvieron lugar diferentes eventos de agradación eólica de materiales esencialmente loésicos. Estos eventos de agradación, coincidentes con períodos de clima más árido que el actual y parcialmente contemporáneos con las glaciaciones, tuvieron un efecto importante no sólo estratigráficamente, sino también en el modelado del paisaje. Asimismo, la acción eólica fue también importante en la formación de dunas en el ambiente litoral, durante las intrusiones marinas, quedando en la actualidad evidencias de su reciente actividad. Los depósitos eólicos originados a partir del Plio-Pleistoceno están representados por las Formaciones Hernandarias y la Tezanos Pinto (Pereyra *et al.* 2003).

Desde el punto de vista ecológico la zona puede ser considerada como un humedal (*wetlands*), correspondiendo a un humedal de tipo fluvial perenne (*freshwater riverinne perennial*) el que incluye a los deltas interiores.

De todas formas dada la señalada heterogeneidad y particularidades del mismo, posee características transicionales a los tipos estuarinos subtidales (hacia el este) y fluvial de planicies aluviales propiamente dicho (hacia el noroeste). Es característico de los ambientes de humedales la presencia de una asociación específica de suelos saturados durante largos períodos de tiempo en agua (suelos hídricos, según los criterios planteados por Wade Hurt y Brown 1995).

Han sido diferenciadas nueve unidades geomórficas principales, cada una a su vez, compuesta por diversas geoformas debidas al accionar de los distintos procesos morfogenéticos (Fig. 2)

Vinculadas principalmente a la dinámica fluvial

Planicie deltaica: Esta unidad corresponde al modelado fluvial del río Paraná y cursos que componen la zona de delta actual. La dinámica de delta y su relación con el estuario del río de la Plata han sido estudiadas por Parker y Marcolini (1992) y Cavalotto *et al.* (2002) entre otros. Se

caracteriza por la presencia de numerosos canales de amplios cauces y de islas. Estas últimas muestran un sector central deprimido, ocupado por lagunas o pantanos donde se depositan materiales finos, que se halla rodeado por albardones perimetrales cuyos sedimentos están constituidos por limos arenosos y arenas finas. Se reconocen la faja de meandros, con los albardones semilunares (*point bars*), albardones y zonas anegables bajas entre las fajas de meandros. Estas fajas en algunos momentos del pasado fueron activas como canales de marea de un ambiente de tipo estuárico y/o deltaico, por lo que poseen ciertas características atípicas, propias de esta «herencia morfoclimática». Ocupa el extremo sur de la zona de estudio la cual se extiende a lo largo de 90 Km ocupando una superficie aproximada de 3.500 Km². Esta unidad, ubicada en el ámbito del delta subaéreo, se está desarrollando actualmente hacia el este debido a la progradación de los depósitos del río Paraná sobre el río de La Plata.

Delta del río Guauguay: Este curso en la zona de la desembocadura ha desarrollado un pequeño delta (*fan delta*, más apropiadamente). Al «salir» los cursos relativamente encajonados a un ambiente extenso de agua calma, el flujo de los mismos pierde competencia depositando materiales esencialmente arenosos y limo-arenosos. Los cursos fluviales, tanto el principal como los secundarios, se encuentran en la actualidad disectando a los niveles del delta. esta unidad se ubica entre 5,4 y 3,5 m s.n.m. y ocupa una superficie de 179 km² aproximadamente. Presenta una variada configuración geomorfológica, con sectores inundables, sectores permanentemente inundados y sectores altos, estos últimos correspondientes a los albardones de los cursos fluviales.

Faja aluvial del río Guauguay: Se ha utilizado la denominación faja aluvial, si bien no es un término estrictamente geomorfológico, como un término complejo mediante el cual se incluye la planicie aluvial actual y los niveles de terraza, los que no pueden ser diferenciados a la escala de edición del mapa. El ancho de esta faja oscila entre 3 y 4 Km. Los cursos que disectan la planicie loésica son subparalelos evidenciando la posible presencia de control estructural, debido a la presencia de bloques de basamento a diferentes profundidades situación ya señalada por Cordini (1949). En el valle del Guauguay se puede diferenciar dos niveles de terrazas y la planicie aluvial actual. Se observan además *point bars*, albardones, lagunas semilunares (meandros abandonados) y zonas de desborde.

Faja aluvial del arroyo Ñancay: Constituye una estrecha franja adosada al pie de la pendiente marginal de la planicie loésica. Se observan niveles de terrazas, una amplia planicie aluvial y antiguos meandros abandonados. En su desembocadura ha construido un pequeño delta. El curso posee alta sinuosidad debido a la muy baja pendiente que exhibe (menos de 0,7 m/km). El desnivel en todo su recorrido es de 4 m y su sector distal se encuentra controlado por la presencia de antiguos cordones litorales y estuaricos.

Fajas aluviales de cursos menores: Constituye una unidad complexiva integrada por los pequeños valles de los cursos que disectan el ambiente loésico. Son cursos efímeros o permanentes, encajonados, con fondo plano y parcialmente colmatados. La existencia de una interferencia eólica ha resultado en la desorganización parcial de la red de drenaje, observándose numerosos bajos y zonas anegables. En el antiguo ambiente litoral presentan fuerte control debido a las antiguas formas marinas con un diseño paralelo y rectangular, mientras que en el ambiente loésico el diseño es dendrítico.

Vinculadas principalmente a la dinámica litoral

Cordones litorales: Unidad complexiva que agrupa a los diferentes niveles de playa y crestas de playa (playas de regresión de Iriondo y Scotta 1978) y niveles de cordones litorales, correspondientes a la ingresión marina. Esta unidad posee gran heterogeneidad y patrón de lomadas subparalelas, correspondientes a las diferentes posiciones de la playa según un esquema regresivo. A su vez, están presentes dunas y acumulaciones arenosas relacionadas con la deflación (diferencial) posterior de estos depósitos marinos. Entre los cordones se encuentran sectores deprimidos, anegables y con materiales finos. La pendiente regional de las playas de regresión es hacia el sudeste y varía entre algo más de 5 hasta 2,5 m s.n.m. Es posible diferenciar un sector norte, en la cual los cordones presentan características de cordones litorales (abundante material organógeno) y la otra de cordones de tipo estuáricos (granulometrías más finas). Ambos sectores se encuentran separados aproximadamente por el curso del río Paranacito. La longitud de ondas de las crestas oscila entre 500 y 200 m aproximadamente.

Antigua albúfera y planicie de marea: Esta unidad corresponde a sectores bajos, anegables, que fueron ocupados por cuerpos someros de agua sometida a las fluctuaciones de las mareas. Se encuentra además surcada por ocasionales canales de marea. La acción eólica posterior ha modificado parcialmente la morfología de esta unidad. Se extiende a lo largo de 60 km, con un ancho máximo de 30 km. Dominan los materiales finos, salvo en los sectores aledaños a los antiguos canales de marea. Estos últimos se caracterizan por su elevada sinuosidad y laterales paralelos. En función de los procesos actuantes con posterioridad, es posible diferenciar tres sectores dentro de la misma: un sector norte casi permanentemente inundado; un sector medio en el cual se encuentran mejor preservadas las características originarias y un sector sur en el cual la planicie se halla cubierta por depósitos eólicos. En general esta unidad se ubica por encima de los 4 msnm de cota.

Vinculadas a la acción eólica dominante

Planicie Loessica: Posee característico relieve suavemente ondulado, sindeposicional. Esta planicie se extien-

de en territorio de la provincia de Entre Ríos, por encima de la escarpa de erosión, antiguo paleocantilado. Se encuentra disectada por los cursos subparalelos tributarios del río Paraná. En algunos sectores la planicie se encuentra más afectada por la erosión fluvial. La disección hídrica ha ocasionado la exposición de niveles de calcretes, diferenciados en el mapa por su importancia a la génesis de los suelos. La red de drenaje que la disecta se vuelve más importante hacia la zona oriental, en relación con los ríos Gualaguaychú y Uruguay. Se ubica generalmente entre 25 y 50 m s.n.m.

Dunas: Se han desarrollado principalmente como una estrecha franja de rumbo sublatitudinal, con una extensión de casi 200 km y un ancho que generalmente es inferior a los 500 m, particularmente entre las localidades de Ceibas y Médanos. Corresponden a dunas de arena muy degradadas natural y antrópicamente, por lo que han perdido su morfología original. Se han formado por deflación diferencial de los antiguos niveles marinos litorales. Si bien se localizan entre los 4 y 6 m s.n.m., en algunos sectores alcanzan cotas de hasta 11 m s.n.m., por lo que dentro del ambiente deltáico propiamente dicho, es la unidad con menor posibilidad de anegamiento (también debido a la alta permeabilidad).

Suelos

La heterogeneidad geomorfológica, en particular la coexistencia espacial de geoformas de diferentes orígenes y edades y la existencia de una activa morfogénesis actual, han determinado la presencia de una variada cobertura edáfica, la que se expresa a distintos niveles taxonómicos. Sin embargo, es común a los suelos de la región el bajo grado de desarrollo pedogenético y la presencia de rasgos hidromórficos. En lo que se refiere a los suelos de la región sobresalen como antecedentes los trabajos realizados por Bonfils (1962) en el delta del Paraná en general; por Gómez y Ferrao (1986) en el área del arroyo Ñancay-Brazo Largo; la carta de suelos del delta de Entre Ríos (INTA 1981); las cartas de suelos de la República Argentina de la provincia de Entre Ríos del departamento de Gualaguay, (INTA 1995) y del departamento de Victoria (INTA 1996).

Los principales procesos pedogenéticos actuantes son los procesos hidromórficos, alcalinización-salinización, melanización, argiluviación y descarbonatación. Los suelos presentes en la región pertenecen a cinco órdenes: Entisoles (Udifluventes, Udipsamentes, Endoacuentes y Fluvacuentes), Inceptisoles (Humacueptes y Endoacueptes), Vertisoles (Hapludertes), Molisoles (Argiudoles, Hapludoles, Argiacuoles, Natracuoles, y Endoacuoles) y Alfisoles (Hapludalfes y Natracualfes). En líneas generales, los Entisoles e Inceptisoles predominan en el sector deltaico propiamente dicho y los Molisoles en las zonas marginales y sobreelevadas. La edad de las geoformas y la estabilidad de las mismas aparecen como los principales factores responsables de esta diferenciación taxonómica mayor.

Los materiales originarios de los suelos, si bien heterogéneos, son para los órdenes Molisoles, Entisoles e Inceptisoles, relativamente similares: texturas medias, principalmente franco-arenosas y franco-areno-limosas. Estos materiales provienen principalmente del retrabajo de arenas fluviales y limos loessoides pampeanos y postpampeanos. El material originario juega un papel importante en la diferenciación de los suelos para los casos de la presencia de texturas finas (arcillosas) y materiales con altas concentraciones de sales y sodio debidas a la acción litoral, depósitos de planicies de marea y estuáricos (en el caso de los materiales arcillosos, ocurrencia de Vertisoles y en el caso de altas concentraciones de sodio, presencia de Natracualfes y Natracuoles).

Las características geomórficas generales han determinado el predominio de un régimen ácuico, particularmente a las inundaciones recurrentes favorecidas por un relieve que no permite eliminar con facilidad los excedentes hídricos. Este régimen ha condicionado la evolución de la materia orgánica (la intensidad de los procesos de melanización y paludización) y la migración de componentes en suspensión (argiluviación) y en solución (lixiviación) dentro del perfil del suelo. Así, en los sectores con predominio del régimen ácuico, como en la planicie deltaica, el proceso de melanización se encuentra seriamente limitado. En las mismas el proceso de argiluviación está prácticamente ausente.

Predominan los suelos imperfectamente drenados a muy pobremente drenados. Los suelos hidromorfos presentan evidencias de condiciones reductoras como consecuencia de la saturación hídrica frecuente o permanente del espacio poroso, generando un prolongado déficit en oxígeno libre. Los principales rasgos hidromórficos identificados en la región son concreciones ferromagnesianas, moteados, colores gley, matices de bajos cromas y presencia de sulfuros. Estos caracteres hidromórficos se hallan a diferente profundidad o desde el horizonte superficial de los suelos. Se encuentran mejor expresados en las unidades geomórficas faja aluvial del arroyo Ñancay, antigua albufera y en sectores de los cordones litorales, particularmente en los Endoacuentes y Endoacueptes, que suelen presentar gley y moteados gris-verdosos a partir de los 15-20 centímetros.

Distribución de los suelos en el paisaje

La distribución de los suelos en la superficie terrestre posee un ordenamiento atribuible a un conjunto de agentes: clima, biota, geoforma, material originario y edad. Cada uno de esos factores posee un particular incidencia en el origen, evolución y caracteres de los suelos. Cuando se comparan amplias regiones son los factores bioclimáticos los que se registran en los suelos con mayor expresión. A nivel intrarregional los factores de naturaleza geológica pueden sobreimponerse, o al menos adquirir mayor relevancia. En el caso del delta entrerriano por tratarse de un ambiente geomórfico modelado mayoritariamente por la acción fluvial, los suelos exhiben caracte-

Cuadro 1: Principales propiedades de suelos seleccionados de la región.

Unidad geomórfica	Suelos dominantes	Grado de morfogénesis actual	Grado de desarrollo del edáfico*	Clase de drenaje*
Faja aluvial del río Gualeguay	Hapludoles Udifluventes	alto	Grado 1 a 2	2
Faja aluvial del Arroyo Nancay	Hapludoles Fluvacuantes	alto	Grado 1	1
Delta del río Gualeguay	Hapludoles Endoacuoles	medio	Grado 1 a 2	2
Fajas aluviales de los cursos menores	Endoacuoles Endoacuentes	alta	Grado 1	2
Cordones litorales	Hapludoles Endoacuoles Endoacuentes	medio - alto	Grado 1 a 2	0-1
Antigua albufera y planicie de marea	Natracuoles Natracualfes	bajo – medio	Grado 3 a 4	0-1
Planicie de deflación y acumulación eólica	Argiudoles Peludertes	bajo	Grado 4	3-4
Dunas	Udipsamentes	alto	Grado 0	5-6
Planicie Deltaica	Fluvacuantes Hapludoles Endoacuentes	alto	Grado 0 a 2	1-2

Referencias: Intensidades relativas: A alto; M, moderado y B, Bajo.

res y propiedades acordes con esa morfogénesis. En el cuadro 1 se muestran las principales propiedades de los suelos considerados más representativos y en el cuadro 2 la distribución de los suelos y los procesos pedogenéticos dominantes según unidad geomórfica.

La fajas aluviales del río Gualeguay y del arroyo Nancay se dividieron en dos subunidades: la primera es la planicie aluvial con sus albardones, fajas de meandro, meandros abandonados, pantanos y lagunas semi-lunares. Este ambiente se inunda con frecuencia y presenta activa morfogénesis. La segunda está conformada por dos niveles de terrazas y es más estable geomorfológicamente. Dentro de este ambiente la actividad morfológica es constante, los suelos presentan en general poco desarrollo y a menudo muchas discontinuidades litológicas al formarse sobre capas fluviales de distintas texturas. Los principales suelos de estas unidades son los Hapludoles, los Endoacuoles, los Endoacueptes, Udifluventes Endoacuentes, Fluvacuantes y Natracualfes.

Sobre las terrazas se desarrollan suelos pertenecientes a los grandes grupos Hapludoles, Natracualfes y Fluvacuantes. Los Hapludoles son suelos con un perfil del tipo A/2C/3C con texturas franco-arcillo-limosas. Los Natracualfes tienen una secuencia del tipo A/Bt/BC/C. El horizonte A de textura limosa es delgado y no está bien provisto de materia orgánica, por debajo se encuentra un horizonte B nátrico, de textura arcillosa. Este suelo es salino y sódico. Los Fluvacuantes se desarrollan sobre ca-

pas aluviales, con un perfil del tipo A/2Cg/3Cg/4C. A partir del horizonte subsuperficial se observan rasgos de hidromorfismo como colores gley y concreciones ferromangánicas. El suelo es alcalino con un pH que oscila entre 9 y 9,5. Dentro de la planicie aluvial, en las posiciones deprimidas, predominan los Endoacuoles, Endoacuentes, Endoacueptes y Udifluventes, estos tienen una capa freática alta, cerca o sobre la superficie mineral del suelo y son suelos mal drenados. Sobre los albardones, posiciones más altas dentro del paisaje se desarrollan Hapludoles.

Los Endoacuoles se encuentran en los bordes de lagunas y en los sectores más deprimidos de la faja aluvial, sobre capas de texturas franco-limosas a franco-arcillo-limosas. El perfil es de tipo A/2C1/3C2/4C3, con un horizonte A oscuro moderadamente bien provisto de materia orgánica. Presentan también fuertes rasgos de hidromorfismo a partir del horizonte subsuperficial como abundantes moteados y concreciones ferromangánicas. Los Endoacuentes tienen un perfil en capas y prácticamente no tienen desarrollo genético. La textura es franco-limosa a franco-arcillo-limosa y el pH es ácido en superficie haciéndose más alcalino en profundidad. Tienen además rasgos de hidromorfismo desde la superficie. Tanto los Endoacuoles como los Endoacuentes son en algunos casos salinos y sódicos. Los Udifluventes se forman sobre sedimentos de texturas arenosas ubicados en el tramo medio inferior del río Gualeguay.

Cuadro 2: Distribución de los principales procesos pedogenéticos y Grandes Grupos de suelos según Unidad geomórfica.

Tipo de suelo	Horizontes	Prof. (cm)	Text.	Color	estructura	C.I.C. cmolKg ⁻¹	pH	moteados	concreciones	M.O %	Salinidad Ce dS/m	Na ⁺ int. (%)	P
Argiudol Típico (7)	A	0-35	Fa	5YR 3/2	bl. ang. mo.	20,2	5,62	-	-	2,89	<1	2-3,5	ML
	2BA	35-52	a	7,5YR 6/2	sin estr.	14,9	5,78	-	-	1,20			
	3Bt	52-122	a	7,5YR 2/0	prism. f.	20,1	5,75	-	-	Nd.			
	3BC	122-140	a	10YR 3/2	prism. mo.	21,9	6,70	-	-	Nd.			
	3C	140-200	a	10YR 5/4	sin estr.	22,2	6,52	-	-	Nd.			
	4C	200+	a	2,5YR 5/2	sin estr.	23,1	6,54	comunes	escasos	Nd.			
Argiudol ácuico (7)	A	0-19	Fal	10YR 3/2	bl. m. mo.	29,9	6,6	-	-	4,65	<<1	2-12	ML
	2Bt1	19-48	a	10YR 1,7/1	prism. i. mo.	36,3	7,6	escasos	-	1,33			
	2Bt2	48-80	a	10YR 2/2	prism. i. mo.	44,7	8,0	escasos	escasas	0,76			
	3B3	80-120	a	7,5YR 3/4	prism. i. mo.	32,1	8,4	escasos	escasas	Nd.			
	3B4	120-140	a	7,5YR 5/4	bl. suba. mo.	33,0	8,4	comunes	escasas	Nd.			
	C	140+											
Hapludol éntico (5)	A	0-12	F	10YR 3/2	granular	26,5	5,23	-	-	4,17	↑1	<1	MR
	AC	12-35	F	10YR 2/1	bl. suba. d.	23,8	6,41	-	-	2,1			
	C	35-115	F	10YR 4/4	sin estr.	13,3	7,05	comunes	escasas	0,34			
Endoaçuol Típico (5)	O	10-0	Nd.	Nd.	Nd.	Nd.	Nd.	-	-	Nd.	<1-32,6	2,2-82,8	L
	A	0-32	Fal	10YR 2/1	prism.d.	26,1	7,2	comunes	-	2,16			
	2C1	32-75	Fal	2,5YR 5/2	sin estr.	Nd.	7,4	comunes	escasas	0,03			
	2C2	75-120	Fl	10YR 5/2	sin estr.	Nd.	7,2	comunes	abund.	Nd.			
Hapluderte Árgico- crómico (7) *	A	0-15	al	10YR 2/2	granular	41,9	6,7	comunes	-	4,48	-	0,9-13,3	M
	Bt1	15-42	al	10YR 2/1	bl. ang. i. me	45,0	6,7	comunes	-	3,46			
	Bt2	42-89	al	10YR 3/1	bl. ang. i. me	45,7	7,3	comunes	-	2,60			
	BCca	89-135	al	7,5YR 3/2	bl. ang. i. me.	44,8	8,3	comunes	-	0,84			
	Cca	135+	al	7,5YR 4/2	sin estr.	43,5	8,3	comunes	-	0,45			
Natracualf Típico (6)	A	0-29	Fl	10YR 6/2	bl. subang. d.	17,6	10,1	-	escasas	0,71	1,2-12,5	1,2-12,5	L
	Bt	23-42	al	7,5YR 3/2	bl. subang. d.	35,8	10,1	-	escasas	0,56			
	2C	42-65	Fl	5YR 3/1	bl. subang. d.	30,4	10,0	-	escasas	0,17			
	A	0-16	F	10YR 3/4	granular	16,9	5,2	-	-	Nd.	<1	↑0,4	L
Endoaçuente Típico (6)	C	16-42	F	10YR 3/4	bl. subang. m.	15,5	4,8	-	-	Nd.			
	2C	42-120	FA	10YR 6/4	sin estr.	9,5	5,7	abund.	abund.	Nd.			
	A/C	0-24	A	10YR 4/3	grano suelto	1,20	7,4	-	-	0,57	<1	-	R
Udipsamente Típico (8)	C1	24-55	A	10YR 5/3	grano suelto	1,05	7,4	comunes	-	Nd.			
	2C2	55-70	A	10YR 3/2	grano suelto	1,55	7,5	-	-	Nd.			

Prof.:profundidad; Text.: textura; C.I.C.: capacidad de intercambio catiónico; Mat. org.: materia orgánica ; P : Permeabilidad; A:arenoso; F: franco; l:limoso; a: arcilloso; bl.:bloques; prism.:prismas; sin estr.: sin estructura; suba.: subangulares; ang.: angulares; m.: medios; mo.: moderados; d.: débil; i.:irregular; f.:fuerte; abund.: abundantes; L: lenta; ML: moderadamente lenta; M: moderada; MR: moderadamente rápida; R: rápida. Los números entre parentesis de la primera columna corresponden a unidades geomórficas, citadas en la tabla. * tomado de INTA 1995.

Los suelos de las fajas aluviales de los arroyos ubicados en la unidad de la planicie de deflación y acumulación eólica y en la unidad de cordones litorales pertenecen al gran grupo Hapludol. Los Hapludoles que se desarrollan sobre los albardones de los arroyos ubicados en el ambiente de los cordones litorales, presentan una secuencia de tipo A/2C1/3C2/4C. El horizonte A es de unos 20 cm y esta bien provisto de materia orgánica. La textura del suelo es franco-limosa y tiene moteados y concreciones ferromanganesicas en todo el perfil. Es sódico y la salinidad varía según el caso, de fuertemente salino a no salino. En las fajas aluviales de la planicie loésica hay suelos desarrollados en materiales de textura franco-arenosa a franca, de espesor variable, depositados sobre sedimentos arcillosos. Con una secuencia del tipo A/BC/2Bt1/2Bt2/2BCca/2Cca. Presentan moteados en todo el perfil y concreciones ferromangánicas entre los 25 y 105 cm de profundidad.

La planicie de deflación y acumulación eólica es una llanura suavemente ondulada con alturas entre 25 y 50 m, se compone principalmente de limos y limos loésicos depo-

sitados durante el cuaternario en ambientes eólicos, palustres o lacustres y en menor medida, fluviales. Dentro de esta unidad, predomina el régimen endopercolativo y údico que facilita la diferenciación del perfil, resultando un mayor desarrollo del suelo. Además se trata de geoformas estables donde la pedogénesis es más importante que la morfogénesis. Los principales suelos de esta unidad geomórfica son Molisoles, pertenecientes a los grandes grupos Argiudoles y Hapludoles y Vertisoles del gran grupo Hapludertes. Los Vertisoles se encuentran en las partes altas de la región, sobre limos calcáreos de origen lacustre, donde la erosión removió gran parte del loess suprayacente. Es un suelo bien desarrollado con una secuencia del tipo Ap/B1/Bt2/BCca/Cca. Tiene un epipedón arcillo-limoso bien estructurado por el “self mulshing” (auto estructuración) y un B2 argílico, arcillo-limoso. Es ligeramente alcalino a partir del BC y los horizontes BC y C son cálcicos.

Los Argiudoles del subgrupo típico se desarrollan en las lomas y suaves pendientes sobre limos loésicos, son suelos profundos, moderadamente bien drenados, con un

epidedón oscuro de textura franco-limosa y un horizonte argílico arcillo-limoso. En las pendientes y lomas más bajas, donde la erosión removió gran parte del loess se formaron Argiudoles vérticos. En los sectores más deprimidos del paisaje, por ejemplo en los valles de los arroyos más importantes se encuentran Argiudoles del subgrupo ácuico. En las lomas con calcretes se desarrollan Argiudoles del subgrupo lítico. En la pendiente marginal, se ubican Argiudoles típicos y ácuicos y Hapludoles típicos sobre sedimentos loéssicos retransportados de texturas franco arcillo-limosas.

La antigua albúfera y planicie de marea es una extensa planicie con alturas entre 4 y 9 m s.n.m. Los suelos se desarrollan sobre los depósitos marinos del Pleistoceno superior y del Holoceno medio que han sido retrabajados por la acción fluvial y eólica posterior. Los principales suelos de esta unidad son Natracuoles, Endoacuoles, Natracualfes y Endoacuentes. Dentro de la llanura se observan sectores más altos, pequeñas lomas muy poco inundables y anegables y la capa freática se encuentra entre 1 y 1,50 metros. Rodeando las pequeñas lomas se encuentran sectores más bajos recortados por canales de marea, estas áreas con pendientes entre 0 y 0,5 % se inundan frecuentemente y tienen escurrimiento muy lento. Existen también numerosos bajos ocupados por bañados y lagunas. El régimen de humedad de los suelos es predominantemente ácuico y en los sectores más altos del paisaje la saturación se origina por el agua superficial que se infiltra y se acumula sobre horizontes de permeabilidad lenta (episaturación), mientras que en los bajos la saturación es debida a la capa freática alta (endosaturación). Los Natracuoles y Natracualfes se encuentran sobre todo en los sectores más altos con una capa freática relativamente profunda, esto permitió el desarrollo de horizontes argílicos. Estos suelos son poco permeables debido a la textura arcillosa del horizonte B. Los Endoacuentes se encuentran también en las pequeñas lomas y pendientes medias pero en el sector que tiene una importante cobertura eólica. En los sectores más bajos del paisaje conformados por los canales de marea, bañados y lagunas, se desarrollan Hapludoles ácuicos y Endoacuoles. En esta unidad se encuentran suelos salinos y sódicos, generalmente Natracualf típicos. Por ejemplo un Natracualf típico posee valores de Na⁺ de cambio de 76,6; 19,7 y 43,1 % para los horizontes A, Btn y BC respectivamente. Asimismo, la conductividad eléctrica (expresada en dS/m) es de 14,4; 3,65 y 16,1 para los tres horizontes antes citados, por los en general cumplen con los requisitos para ser considerados suelos salino sódicos. La unidad cordones litorales esta conformada por una serie de cordones paralelos que se formaron durante la última regresión marina (Holoceno medio). Si bien el relieve es escaso, con cotas entre 2 y 5 m sobre el nivel del mar, se observa un microrelieve dentro del cual las partes más altas son las crestas de los cordones litorales y las partes más bajas las depresiones entre los cordones (senos). Según el relieve hay una alta variabilidad espacial de los suelos, en las partes más altas predomina el régimen údico y en las partes más bajas el ácuico. Esta unidad geomórfica es joven e inesta-

ble, los procesos fluviales son muy importantes, con lo cual los suelos tienen un desarrollo moderado a escaso.

En los sectores altos y las pendientes intermedias suelen desarrollarse Hapludoles. En las partes más altas tienen una secuencia del tipo A/AC/C, con una textura franca en todos los horizontes. Los Hapludoles ubicados en las pendientes, tienen una secuencia del tipo A/2C1/3C2 y son fuertemente salinos y sódicos desde la superficie. El pH es neutro en todo el perfil. En este sector la napa freática oscila entre los 30 y 130 cm de profundidad. Dentro del perfil del suelo se observan moteados y concreciones ferromanganesicas dentro de la zona de fluctuación de la capa freática. Estos suelos tienen bajo contenido de materia orgánica en el horizonte A. En los sectores bajos, depresiones intercordones se encuentran Endoacuoles. Tienen poco desarrollo pedogenético y en general un horizonte orgánico de 10 cm arriba del horizonte mineral. Los suelos que se desarrollan en las partes intermedias (suaves pendientes hacia el sector mas bajo) y en los bordes de bañados son en general debilmente salinos y sódicos a partir de los 30 cm de profundidad, con un pH ligeramente ácido en superficie que se hace neutro en profundidad y la capa freática esta por debajo la superficie mineral. En los sectores más bajos, donde la capa freática se encuentra aflorando durante largos períodos, los Endoacuoles en general no son salinos ni sódicos, siendo fuertemente ácidos en superficie y debilmente ácidos en profundidad. Un Endoacuol típico en esta unidad geomórfica presentó valores altos de conductividad por debajo del horizonte orgánico, con valores 13,3 y 27, 2 para los horizontes C1 y C2 (por debajo de los 32 cm de profundidad) por lo cual se lo puede considerar salino.

El ambiente de dunas esta conformada por dunas transversales, crestas barchanoides y mantos de arena. Tiene una activa morfogénesis, con geoformas jóvenes con lo cual los suelos presentan escaso desarrollo edáfico. Sobre los depósitos arenosos, en las crestas y pendientes medias convexas, con escasa cobertura vegetal se desarrollan suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Udipsamentos y Udifluventes. Son suelos con una secuencia del tipo A/C / C/2C2. El horizonte A es de color claro y esta muy mal provisto de materia orgánica. Son de permeabilidad muy rápida y están bien drenados.

Dentro de la planicie deltaica del río Gualeguay se ubican tres subunidades cada una con una particular distribución de los suelos. La primera esta conformada por áreas de formas elongadas, suavemente onduladas con una posición relativamente alta dentro del paisaje (antiguos albardones) donde se desarrollan suelos del gran grupo Natracuoles. La segunda subunidad esta compuesta por áreas cóncavas semipantanosas, que se inundan frecuentemente (podría corresponder a antiguas planicies de inundación). Los suelos se desarrollan sobre capas arcillo-limosas. La última subunidad esta conformada por los antiguos canales. En estos dos últimos ambientes se desarrollan suelos pertenecientes a los grandes grupos Hapludoles y Endoacuoles. Los Hapludoles se ubican en los bordes de bañados y pendientes medias. El horizonte superficial esta bien provisto de materia

orgánica (4,17%). La textura es franco-arcillo-arenosa en los dos primeros horizontes y los que les siguen son arcillosos. Son suelos salinos y sódicos a partir de los 60 cm de profundidad. Los Endoacuoles se desarrollan sobre materiales finos de las depresiones semipantanosas y los canales de escurrimiento. Estos suelos están casi todo el año con agua por encima de la superficie mineral del suelo. La capa superficial esta muy bien provista de materia orgánica (17 %). Tienen abundantes moteados en todo el perfil y concreciones ferromangánicas hasta los 80 cm de profundidad y el pH oscila entre 5,9 y 5,5, en todo el perfil.

Condiciones de drenaje y distribución de los suelos

Tomando en consideración las características del paisaje y la evolución geomórfica regional, puede establecerse una primera gran división entre suelos desarrollados bajo condiciones de drenaje restringido y suelos bien drenados. Estos últimos se encuentran distribuidos en el sector norte, donde predomina el régimen údico y donde, además, los importantes espesores de depósitos loésicos y la escasa morfogénesis han influido de manera favorable en el desarrollo edáfico. Los suelos con drenaje restringido se localizan principalmente en el sector sur, caracterizado por el bajo relieve relativo, una pendiente regional poco marcada y el predominio del régimen ácuico. Se identificaron áreas con diferentes tipos de drenaje natural, plasmada en un mapa las que, a su vez, se relacionan con distintos tipos de suelos. Aquellos suelos con condiciones de drenaje pobre en general poseen un grado de desarrollo escaso a moderado y aquellos suelos con condiciones de drenaje buenas tienen un grado de desarrollo importante.

En la figura 3 se halla representada la distribución de los suelos según sus clases naturales de drenaje. Para ello se tomó como base la clasificación de Etchevehere (1976) y se la adaptó para ser coherente con la escala de mapeo (1:100.000). Las clases 0 y 1 se agruparon como *suelos mal drenados (I)*; la clase 2 como *suelos pobre a imperfectamente drenados (II)*; las clases 3 y 4 como *suelos moderadamente a bien drenados (III)*; y las clases 5 y 6 como *suelos excesivamente drenados (IV)*. Los suelos mal drenados se hallan distribuidos, casi exclusivamente, en los ambientes de cordones litorales y de antigua albufera y planicie de marea. Estas áreas que sufren inundaciones periódicas, permanecen anegadas durante largos lapsos de tiempo, debido tanto a las condiciones de baja pendiente regional y de escaso relieve relativo como a la presencia de capas arcillosas de permeabilidad baja. El caso opuesto es el de los suelos excesivamente drenados que se encuentran sobre las dunas de origen eólico. Aquí el factor determinante en la condición del drenaje está dado por las características texturales del material parental que es arenoso y muy permeable. Dentro de las fajas aluviales de los numerosos cursos de agua que atraviesan la región, la poca profundidad a la que se

halla el nivel freático, las frecuentes inundaciones y la escasa pendiente regional conducen al desarrollo de suelos pobre a imperfectamente drenados. Los suelos moderadamente a bien drenados se distribuyen en los interfluvios de la planicie loésica, donde las características del material parental (limos loésicos), como el predominio de texturas francas y el buen grado de estructuración, facilitan la infiltración y percolación de las aguas.

Grado de desarrollo pedogenético

El grado de desarrollo pedogenético está determinado por el balance morfogénesis pedogénesis, el cuál depende básicamente de las condiciones de estabilidad de los medios naturales. Allí dónde prevalece la pedogénesis, los suelos alcanzan un buen grado de desarrollo lo cuál se evidencia en la presencia de perfiles profundos, con horizontes diagnósticos bien diferenciados y propiedades perfectamente expresadas.

Relacionada a la evolución geomórfica regional y las características del paisaje, se encuentra una primera gran división entre los suelos de régimen ácuico y los suelos de régimen údico. En el sector norte, más alto con características exclusivamente continentales, predominan los suelos de régimen údico y en el sector sur, más bajo, resultante de la interacción del proceso fluvial con procesos litorales predomina el régimen ácuico. Dentro de la región de estudio el ambiente de más estabilidad geomórfica es la planicie loésica. En este ambiente la erosión y la depositación están restringidos a las fajas aluviales de los arroyos y del río Gualeguay, mientras que en los interfluvios una actividad geomórfica escasa favorece la pedogénesis y se ubican suelos con buen desarrollo. Las unidades de cordones litorales y del delta del río Gualeguay son bastante inestables debido a las frecuentes inundaciones, los suelos tienen en general poco a moderado desarrollo edáfico. En el ambiente de dunas en muchos sectores domina el proceso eólico sobre la pedogénesis y los suelos presentan escaso a nulo desarrollo. La unidad de la antigua albufera y planicie de marea tiene geoformas estables y predomina la pedogénesis, sin embargo no todos los suelos están bien desarrollados porque algunos son muy jóvenes y además el predominio del régimen ácuico inhibe el desarrollo del suelo.

Los suelos de la región de estudio tienen distintas edades, en general los más antiguos se encuentran en la planicie loésica y los más jóvenes en el sector del delta del río Paraná. No se conocen las edades de los suelos de la planicie loésica pero se puede inferir que muchos suelos tienen 10^3 años o más, ya que este es el tiempo requerido para la formación de un horizonte argílico (Birkeland 1999) que está presente en la mayoría de los suelos de esta unidad geomórfica. En contrapartida, los suelos del delta del río Paraná, son más recientes que la última ingresión marina (Holoceno medio), excepto en los sectores más altos de la antigua albufera donde la última ingresión no llegó. Este ambiente además de ser más joven tiene menor estabilidad geomórfica por ser en gran parte inúndable. En

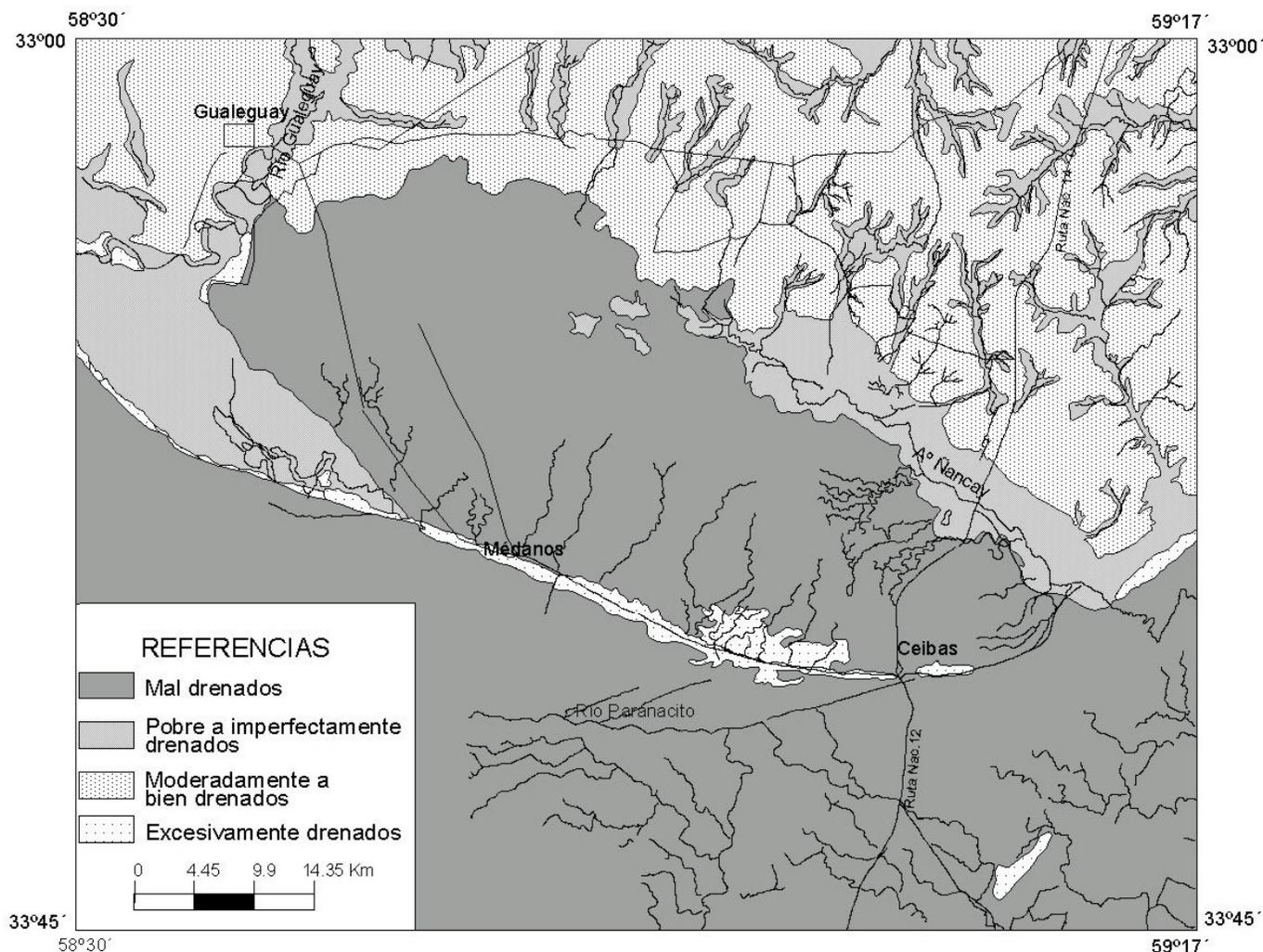


Figura 3: Mapa de condiciones de drenaje de los suelos

la región de estudio se observan varios suelos truncados, lo que implica que durante el Cuaternario hubo momentos de activa pedogénesis.

Según los criterios establecidos para definir los grados de desarrollo del perfil por Etchevehere (1976), el *grado 0* se refiere a los suelos que carecen de desarrollo genético. El *grado 1* involucra a los suelos con un incipiente desarrollo de horizontes genéticos pero sin formación de horizonte iluvial. El *grado 2* incluye a los suelos que presentan un débil desarrollo de horizontes genéticos con un B incipiente formado por meteorización in situ. El *grado 3* se asocia a los suelos en los que se ha desarrollado un horizonte Bt y en los que la relación del contenido de arcillas del horizonte B sobre el del A varía entre 1,2 y 1,6. El *grado 4* agrupa a los suelos que tienen un horizonte B textural fuertemente desarrollado pero que carecen de horizonte E (eluvial). El *grado 5* se refiere a los suelos con perfiles muy desarrollados y caracterizados por un horizonte A, un E incipiente, un B fuertemente textural y un C. El *grado 6* se corresponde con suelos fuertemente desarrollados cuyo perfil tipo, A/E/B/C, muestra una neta

diferenciación entre horizontes eluviales e iluviales.

En base a esta clasificación se puede establecer, a grandes rasgos, una relación entre los distintos ambientes y el grado de desarrollo de los suelos presentes en cada uno de ellos (Cuadro 3). En la planicie de deflación y acumulación eólica, los procesos de erosión y de depositación se concentran en las fajas aluviales de los ríos y arroyos que la disectan y en la pendiente marginal. En los interfluvios la actividad pedogenética es intensa y la morfogénesis escasa, por lo que los suelos alcanzan de moderado a alto grado de desarrollo, siendo característicos en primer lugar los Argiudoles típicos y en segundo lugar los Hapludertes-árgico-crómicos.

En el ambiente de la antigua albúfera y planicie de marea, a pesar de la presencia de geformas estables, el grado de desarrollo de los suelos es de moderado a escaso debido, fundamentalmente, al predominio del régimen ácuico y a las frecuentes inundaciones. Los más importantes son Natracuoles, Endoacuentes y Natracualfes. Dentro de las fajas aluviales de los ríos y arroyos presentes en la región, la inestabilidad geomórfica y el predomi-

Cuadro 3: Grado de morfogénesis actual, grado de desarrollo edáfico y clase de drenaje en cada unidad geomórfica.

UNIDAD GEOMORFICA	SUBUNIDAD O GEOFORMA	Melanización	Argiluviación	Hidromorfismo	Alcalinización	Salinización	PRINCIPALES SUELOS
Faja aluvial del río Gualeguay y de cursos menores	Niveles de terraza y Planicie aluvial	A	M	M	B	B	Hapludoles, Endoacuoles Udifluventes Endoacueptes
Faja aluvial del Ao Ñancay	Niveles de terraza y Planicie aluvial	A	M	A	A	A	Endoacuoles Fluvacuentes Natracuolfes Endoacuentes
Delta del río Gualeguay y Planicie deltaica	Planicie interdistributaria	A	B	A	M	M	Hapludoles Endocuol Endoacuentes Fluvacuentes
Cordones litorales	lomas y pendientes	A	B	B	M	M	Hapludoles Haprendoles
	Bajos intercordones	M	B	A	A	A	Endoacuoles, Endoacueptes Endoacuentes
Antigua planicie de marea		A	B	A	A	A	Endoacuoles, Natracuoles Natracuolfes Endoacuentes
Planicie de deflación y acumulación eólica		A	A	B	B	B	Argiudoles Peludertes
	Lomas con calcretes	A	M	B	B	B	Argiudoles (subgrupo lítico) Hapludoles
Dunas		M	B	B	B	B	Udipsamentes Udifluventes Hapludoles

* según Etchevehre, 1976

nio del régimen ácuico inhiben la actividad pedogenética, resultando suelos de nulo a escaso desarrollo como Fluvacuentes y Endoacuentes. En el ambiente de dunas, donde los procesos eólicos prevalecen sobre la pedogénesis, son característicos los suelos de nulo a escaso grado de desarrollo como Udifluventes, Udipsamentes y Hapludoles fluvénticos. Dentro del ambiente de cordones litorales, al igual que en la planicie de marea, las frecuentes inundaciones y el régimen ácuico influyen desfavorablemente en la actividad pedogenética, predominando suelos de escaso a moderado grado de desarrollo edáfico. Comúnmente se encuentran Argiacuoles, Endoacuoles; Hapludoles y Natracuolfes.

La mayor parte de los suelos de la región deltáica habrían comenzado a evolucionar a partir de la regresión ocurrida aproximadamente en el Holoceno medio. Con posterioridad a la misma, presentó una evolución más propiamente fluvial, si bien con características propias, debidas principalmente a la existencia de herencias morfoclimáticas, variaciones eustáticas y la cercana presencia de un ambiente estuárico que evolucionó a uno de tipo deltáico con régimen microtidal.

Variabilidad de algunas propiedades de los suelos según unidad de paisaje

Con el objetivo de analizar las variaciones de las propiedades de los suelos según su localización en el paisaje se han realizado una serie de funciones profundidad (materia orgánica, arcillas y capacidad de intercambio catiónico) de algunos suelos de la región a lo largo de una toposecuencia. Las funciones profundidad se han ubicado en un perfil S-N de la región para analizar las variaciones espaciales de las mismos (Fig. 4). Comparando las distintas funciones profundidad de la materia orgánica se observa que el suelo con más alto porcentaje en el horizonte A es el Endoacuol ubicado en las depresiones intercordones con 7%, luego sigue el Hapludol con 4,5 %, ubicado en la misma unidad pero en la parte alta de los cordones, otro suelo bien provisto de materia orgánica es el Argiudol (2,89%) ubicado en la planicie loessica.

Los valores más bajos son los del Natracuolf (0,71%) que se encuentra en la antigua albufera y planicie de marea y los del Fluvacuente (0,88%) ubicado en la terraza del arroyo Ñancay. La variación de la materia orgánica en pro-

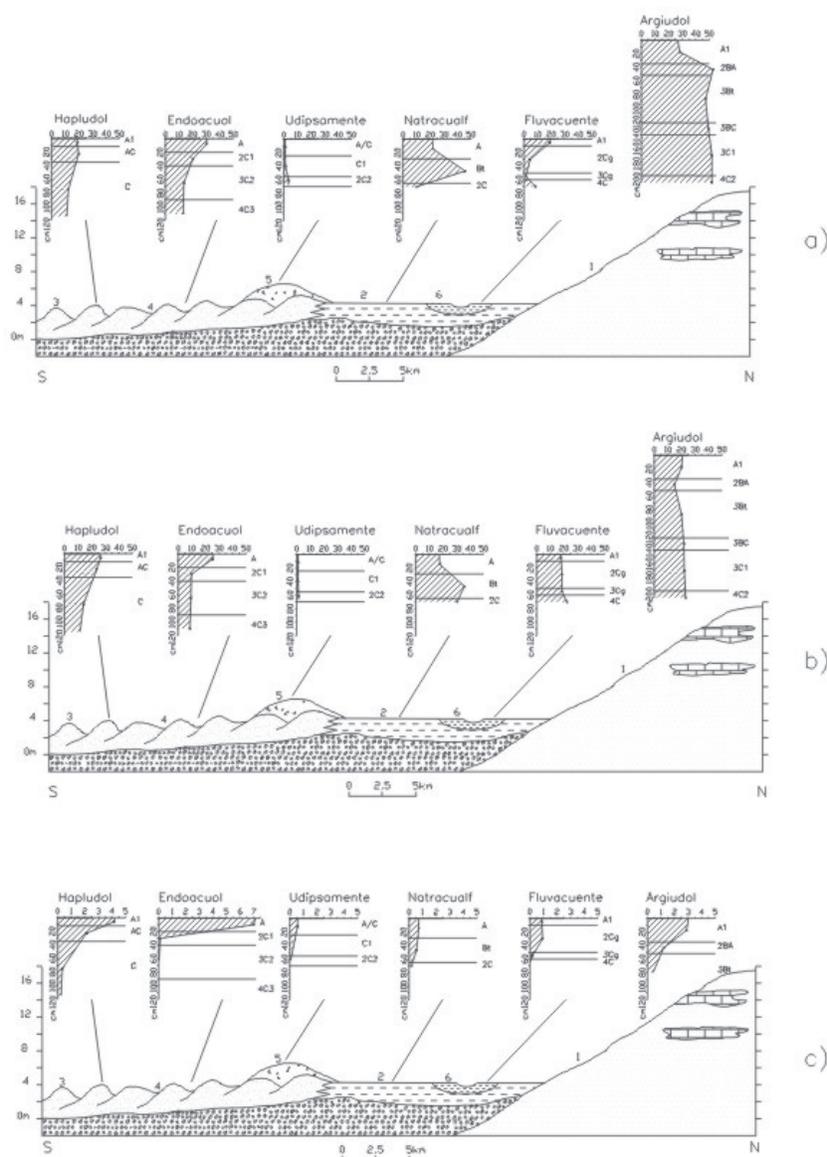


Figura 4: Perfil esquemático geológico-geomorfológico y función profundidad a) de arcilla, b) de la C.I.C. y c) de la materia orgánica de los suelos asociados (a nivel Gran Grupo).

fundidad cambia para cada ambiente. En general en los suelos mejor drenados, como el Argiudol y el Hapludol la materia orgánica disminuye gradualmente hasta los 80-100cm de profundidad y demuestra que la melanización es el proceso dominante de estos suelos. En contrapartida en los suelos mal drenados, como el Endoaçuol el alto porcentaje de materia orgánica. disminuye rápidamente en profundidad y es casi nulo a los 30 cm. En estos, el agua que satura el suelo casi permanentemente inhibe el proceso de humificación. El Fluvacuente muestra un pequeño aumento de materia orgánica. en el horizonte subsuperficial, esto podría deberse a un depósito reciente sobre el suelo y quedo el antiguo horizonte A enterrado correspondiendo entonces, a las frecuentes discontinuidades litológicas de este tipo de suelos. El Natracuall esta po-

bremente provisto de materia orgánica. podría deberse a que este suelo tiene limitaciones para el desarrollo de la vegetación por su salinidad y alta sodicidad.

Respecto a los contenidos de arcilla y la capacidad de intercambio catiónico en el suelo desarrollado en la parte más alta de los cordones litorales se observa que el contenido de arcilla oscila entre 20 y 10 % en todo el perfil y el porcentaje de arcilla va disminuyendo con la profundidad. La capacidad de intercambio catiónico tiene el mayor valor ($26,5 \text{ cmolKg}^{-1}$) en el horizonte A debido al alto porcentaje de materia orgánica en el mismo y luego disminuye con la profundidad, acorde a la disminución de las arcillas. El contenido de arcilla del Endoaçuol ubicado en las depresiones intercordones es de 30% de arcilla en el horizonte A que luego disminuye con la profundidad hasta

13%. Una de las razones por la cual la textura de este suelo es más fina en los horizontes superficiales es por el aporte constante de materiales finos sobre el suelo desde las áreas más elevadas. La capacidad de intercambio catiónico tiene una curva parecida a la arcilla coincidiendo el valor más alto ($25,4\text{cmolKg}^{-1}$) en el horizonte A, con los valores más altos de materia orgánica y arcillas. En los horizontes subyacentes la capacidad de intercambio catiónico oscila entre $9,8$ y $8,5\text{cmolKg}^{-1}$.

En el Udipsamente desarrollado en el ambiente de dunas los porcentajes de arcilla y valores de capacidad de intercambio catiónico son muy bajos y en los dos casos aumentan ligeramente con la profundidad. La textura arenosa de este suelo le confiere alta permeabilidad y un drenaje excesivo, con lo cual las sales y las partículas finas son rápidamente lixiviadas y no permanecen en el suelo. Para el Natracualf ubicado en la antigua albufera y planicie de marea se observa el gran aumento de la arcilla en el horizonte B con un valor de $45,7\%$, comparado con 22% en el horizonte A. Este aumento de arcillas en el horizonte B se debe al menos en parte, al lavado de arcillas del horizonte superficial y su acumulación en el horizonte subsuperficial (argiluviación), porque hay una probable discontinuidad litológica que debe ser chequeada. El valor de la capacidad de intercambio catiónico para el horizonte A es moderado ($17,6\text{cmolKg}^{-1}$), en el horizonte Bt aumenta considerablemente ($35,8\text{cmolKg}^{-1}$), acorde con el aumento de arcillas, y se mantiene alto en el horizonte subsiguiente ($30,4\text{cmolKg}^{-1}$), este valor alto se debe probablemente a la presencia de una mezcla de arcillas del grupo de las esmectitas y de las illitas.

El Argiudol que se encuentra en la planicie de deflación y acumulación eólica presenta un porcentaje alto de arcilla en todo el perfil, el horizonte superficial tiene el valor más bajo ($28,2\%$), este luego aumenta hasta 52% en el horizonte 2BA y se mantiene alrededor de 50% hasta los 220cm de profundidad. La capacidad de intercambio catiónico oscila entre 20 y 22cmolKg^{-1} en todo el perfil, excepto en el horizonte subsuperficial donde disminuye a 14cmolKg^{-1} , con estos valores se puede inferir que el tipo de arcilla que predomina en este suelo es illita. Para este horizonte se hubiese esperado un valor de capacidad de intercambio catiónico igual o mayor a los demás por su alto porcentaje de arcilla, este valor refleja un cambio de litología para este horizonte.

El suelo ubicado sobre sedimentos aluviales de la terraza del arroyo Ñancay presenta valores bajos de arcillas, siendo el más alto el del horizonte superficial con 20% . Las variaciones de la arcilla con la profundidad reflejan discontinuidades litológicas, este suelo se encuentra en un ambiente geomorfológicamente inestable y es también muy joven para que se haya podido producir el proceso de argiluviación. El valor de la capacidad de intercambio catiónico en el perfil oscila entre 18 y 22cmolKg^{-1} . Comparando las funciones profundidad de las arcillas de cada suelo, se ve que los de mayor porcentaje de arcilla son los suelos ubicados en la planicie de deflación y acumulación eólica y en la antigua albufera y planicie de marea y el de menor porcentaje se encuentra en las dunas. Para

los valores de capacidad de intercambio catiónico, el valor más alto ($35,8\text{cmolKg}^{-1}$) es el del Natracualf ubicado en la antigua albufera y planicie de marea el más bajo el del Udipsamente ($1,10\text{cmolKg}^{-1}$) ubicado en el ambiente de dunas.

Conclusiones

La región de estudio presenta una geomorfología compleja resultante del accionar de procesos fluviales, eólicos y marinos litorales cuyas intensidades y modalidad han variado en el tiempo. El paisaje presenta gran heterogeneidad, y por lo tanto, es complejo y compuesto. Lo manifestado indica que el estudio del modelado regional debe entonces exceder la mera consideración del mismo como propio de un ambiente deltáico, ya que de otra forma podría limitarse a simplificaciones poco adecuadas para estudios integrados del medio natural. Han sido diferenciadas nueve unidades geomórficas principales: a) Debidas principalmente la dinámica fluvial: 1) Faja aluvial del río Gualeguay, 2) Faja aluvial del arroyo Ñancay, 3) Fajas aluviales de los cursos menores, 4) Delta del río Gualeguay, 5) Planicie deltaica; b) Debidas principalmente a la dinámica litoral: 6) Cordones litorales, 7) Antigua albufera y planicie de marea y c) Debidas principalmente a la acción eólica: 8) Planicie de deflación y acumulación eólica y 9) Dunas.

La evolución de los suelos de la región se encuentra controlada por tres factores principales: a) la activa morfodinámica, que ha determinado un alto grado de variabilidad espacial del paisaje, b) las características propias del modelado, en particular en lo referente a aquellas que han condicionado la existencia de un dominante régimen ácuico y c) la existencia de variaciones climáticas durante el Holoceno para toda la región. En consecuencia, los suelos de la región evolucionaron en un ambiente de gran heterogeneidad morfológica y bajo condiciones ambientales, bioclimáticas cambiantes, todo lo cual ha determinado las particulares características de los suelos: gran variabilidad espacial, escaso grado de desarrollo, frecuentes discontinuidades litológicas y predominio del régimen ácuico.

Se han reconocido suelos pertenecientes a cinco Ordenes: los Molisoles representados por los grandes grupos Argiacuoles, Endoacuoles, Natracuoles, Argiudoles y Hapludoles; los Vertisoles con el gran grupo Hapluderte; los Alfisoles representado por el gran grupo Natracualf los Inceptisoles con los Endoacueptes y Epiacueptes y los Entisoles dentro de los cuales se encuentran los suelos pertenecientes a los grandes grupos Fluvacuentes, Endoacuentes, Hidracuentes, Udifluventes, y Udipsamentos. Los suelos pertenecientes al orden Molisol son los que alcanzan el mayor desarrollo áreal y se encuentran distribuidos en todas las unidades geomórficas, asociados a diversos materiales originarios y condiciones de drenaje. Los procesos pedogenéticos de mayor incidencia en la región son la melanización, la argiluviación, el hidromorfismo, la salinización y la alcalinización.

Se estableció una relación entre los distintos ambientes geomórficos y el grado de desarrollo de los suelos en relación con el grado de estabilidad y edad de las geoformas. En los interfluvios de la planicie loésica, donde es intensa la pedogénesis, aparecen los suelos con mayor grado de desarrollo caracterizados por Argiudoles típicos y Hapludertes árgico-crómicos. En las fajas aluviales de los ríos y arroyos, debido a la inestabilidad geomórfica y al predominio del régimen ácuico, los suelos tienen de escaso a nulo desarrollo edáfico y están representados por Fluvacuientes y Endoacuientes. Dentro de la antigua albufera y planicie de marea, el régimen ácuico y las frecuentes inundaciones inhiben la pedogénesis, por lo que el grado de desarrollo de los suelos es de moderado a escaso. Se encuentran Natracuoles, Endoacuientes y Natracualfes. Sobre las dunas eólicas son característicos los suelos de nulo a escaso grado de desarrollo edáfico como Udifluventes y Udipsamentes. En el ambiente de cordones litorales predominan suelos de moderado a escaso grado desarrollo, ya que el régimen ácuico y las inundaciones frecuentes desfavorecen la actividad pedogenética. Los suelos representados son Argiacuoles, Endoacuoles, Hapludoles y Natracualfes.

Considerando las características del paisaje y la evolución geomórfica regional, se estableció una división entre suelos desarrollados bajo condiciones de drenaje restringido y suelos bien drenados. Los primeros se encuentran principalmente en el sector sur, caracterizado por el bajo relieve relativo, una pendiente regional leve y el predominio del régimen ácuico. Los suelos bien drenados se localizan en el sector norte, donde predomina el régimen údico. Se identificaron áreas con diferentes clases de suelos, determinadas por su drenaje natural. El proceso de salinización es común en algunos suelos desarrollados sobre sedimentos marinos, se trata de Natracualfes ubicados en la antigua albufera y planicie de marea Hapludoles u Endoacuoles ubicados en la parte alta e intermedia de los cordones litorales y en los Endoacuientes que se hallan en las terrazas fluviales del sector del delta del río Paraná. La alcalinización es bastante frecuente en los suelos de la región, como los Natracualfes y los Natracuoles y algunos Hapludoles, Endoacuoles, Endoacuientes y Fluvacuientes.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento por su colaboración al Ing. Tassi de la EE INTA-Paraná; a las autoridades del SEGEMAR y de la BGR (Servicio Geológico de Alemania), en especial a W. Kruck y O. Lapido; a la Dra. Inés Malvárez del Departamento de Ciencias Bioló-

gicas de la FCEyN-UBA, Lic. D. Villegas del Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN-UBA; al Ing. H. Morrás CIRN-INTA y al Ing. J. Irisarri de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Comahue.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Birkeland, P., 1999. Soils and Geomorphology. Oxford University Press, 430 pp.
- Bonfils, G., 1962. Los suelos del delta del río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. Revista Investigaciones Agrícolas 16(3): 257-370.
- Cabrera, A.L., 1976. Regiones fitogeográficas de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 14(1/2): 1-42.
- Cavallotto, J., F. Colomobo y R. Violante; 2002. Evolución reciente de la llanura costera de Entre Ríos. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas en CD, El Calafate.
- Cordini, R., 1949. Contribución al conocimiento de la geología económica de Entre Ríos. Dirección General Industria y Minería II(87): 1-78, Buenos Aires.
- Etchevere, R.; 1976. Normas de Reconocimiento de Suelos. INTA, Circular Interna, 103 p.
- Gómez, L. y R. Ferrao, 1986. Carta semidetallada de suelos del área Ao Ñancay-Zarate. INTA, 158 p. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1961. Contribución al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. Comisión de Investigación Científica. La Plata. Anales II: 9-54.
- Guida, N. y M. González, 1984. Evidencias paleoestuarías en el sudoeste de Entre Ríos, su evolución con niveles marinos relativamente elevados del Pleistoceno Superior y Holoceno. IX Congreso Geológico Argentino. Actas III: 577-594.
- INTA, 1981. Carta de Suelos del Delta Entrerriano. Departamento de Suelos. Publicación 172, 187 p.
- INTA, 1995. Carta de Suelos de la República Argentina, Departamento de Gualeguay, prov. de Entre Ríos. Texto y mapa semidetallado a escala 1:100.000, 152 p.
- INTA, 1996. Carta de Suelos de la República Argentina, Departamento Victoria, prov. de Entre Ríos. Texto y mapa semidetallado a escala 1:100.000, 154 p.
- Iriondo, M. y E. Scotta, 1978. The evolution of the Paraná river delta. International Symposium on coastal evolution in the Quaternary, San Pablo, Brasil, 405-418.
- Malvárez, A. I., 1997. Las comunidades vegetales del Delta del Río Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones del paisaje. Tesis Doctoral, Departamento de Ciencias Biológicas, FCE y N, UBA, inédito, 210 p.
- Parker, G. y Marcolini, S., 1992. Geomorfología del Delta del Paraná y su extensión hacia el Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47 (2) : 243-249.
- Pereyra, F.; P. Tchilinguirian y V. Baumann; 2003. Hoja Geológica Gualeguaychú. SEGEMAR, en prensa.
- Wade Hurt, G. y R. Brown, 1995. Development and application of hydric soil indicators in Florida. Wetlands 15(1): 74-81.

Recibido: 15 de agosto, 2002

Aceptado: 16 de marzo, 2004