

Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Naturales y Museo  
Instituto de Geomorfología y Suelos

**CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN TRES SITIOS  
DEL PARTIDO DE GENERAL JUAN MADARIAGA  
(PROVINCIA DE BUENOS AIRES)**

**Informe Final**

**Febrero de 2010**

## **INTRODUCCION**

El presente estudio estuvo a cargo del Instituto de Geomorfología y Suelos (IGS) de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (Universidad Nacional de La Plata) a solicitud de Gregori y Barrios Sociedad de Hecho, para el Consejo Federal de Inversiones. Comprende la caracterización de tres suelos ubicados en los siguientes predios seleccionados por el contratante:

- Parcela anexa a sitio de disposición de residuos urbanos de General Madariaga. (próximo a Ruta Provincial N° 56)
- Campo La Soledad propiedad del Sr. Carlos Goñi (sobre el Camino del Tala).
- Centro de disposición final y recuperación de residuos sólidos urbanos provenientes de Pinamar y Villa Gesell, sobre Ruta Provincial N° 11 (Empresa EcoPlata SA).

La caracterización comprendió la descripción morfológica de perfiles de suelos y rasgos asociados del ambiente (relieve, vegetación, etc.), la extracción de muestras para su análisis en laboratorio, la realización de ensayos de infiltración y, una vez en poder de todos los datos, la elaboración del informe final.

En la realización del estudio participó el siguiente personal:

- Ing. Agr. Jorge Eloy Giménez. Dirección del estudio, trabajo de campo y redacción de informe final.
- Lic. en Geología Martín Adolfo Hurtado. Caracterización morfológica de los suelos. Ensayos de infiltración.
- Lic. en Geología Mario Marcelo da Silva. Caracterización morfológica de los suelos. Ensayos de infiltración y análisis de laboratorio.
- Lic. en Geología Laura Daniela Boff. Análisis de laboratorio
- Ing. Agr. Víctor Raúl Somoza Sánchez. Análisis de laboratorio
- Arq. Gisel Andrade. Tareas de informática
- Sr. José Emilio Díaz. Tareas de apoyo en campo y laboratorio

## **METODOLOGIA**

Se seleccionaron sitios representativos en cada uno de los tres predios, cuya ubicación exacta con coordenadas geográficas fue determinada mediante un posicionador (GPS) Garmin, localizando dicho puntos sobre imágenes satelitales Google Earth de los años 2003 y 2006. A fin de verificar las coordenadas y determinar la altura sobre el nivel del mar de los sitios se utilizaron las siguientes cartas planialtimétricas del Instituto Geográfico Militar en escala 1:50.000: General Juan Madariaga (3757-15-4), Estación Juancho (3757-21-2) y Villa Gesell (3757-22-3).

Para caracterizar los suelos se excavaron calicatas a pala a fin de exponer los perfiles de suelos con su secuencia de horizontes, identificándolos como GM1, GM2 y GM3 (Fig. 1). La profundidad alcanzada en cada caso corresponde al material originario poco alterado u horizonte C (110 cm en el Perfil GM2) o al nivel freático (96 y 64 cm en los Perfiles GM1 y GM3, respectivamente).

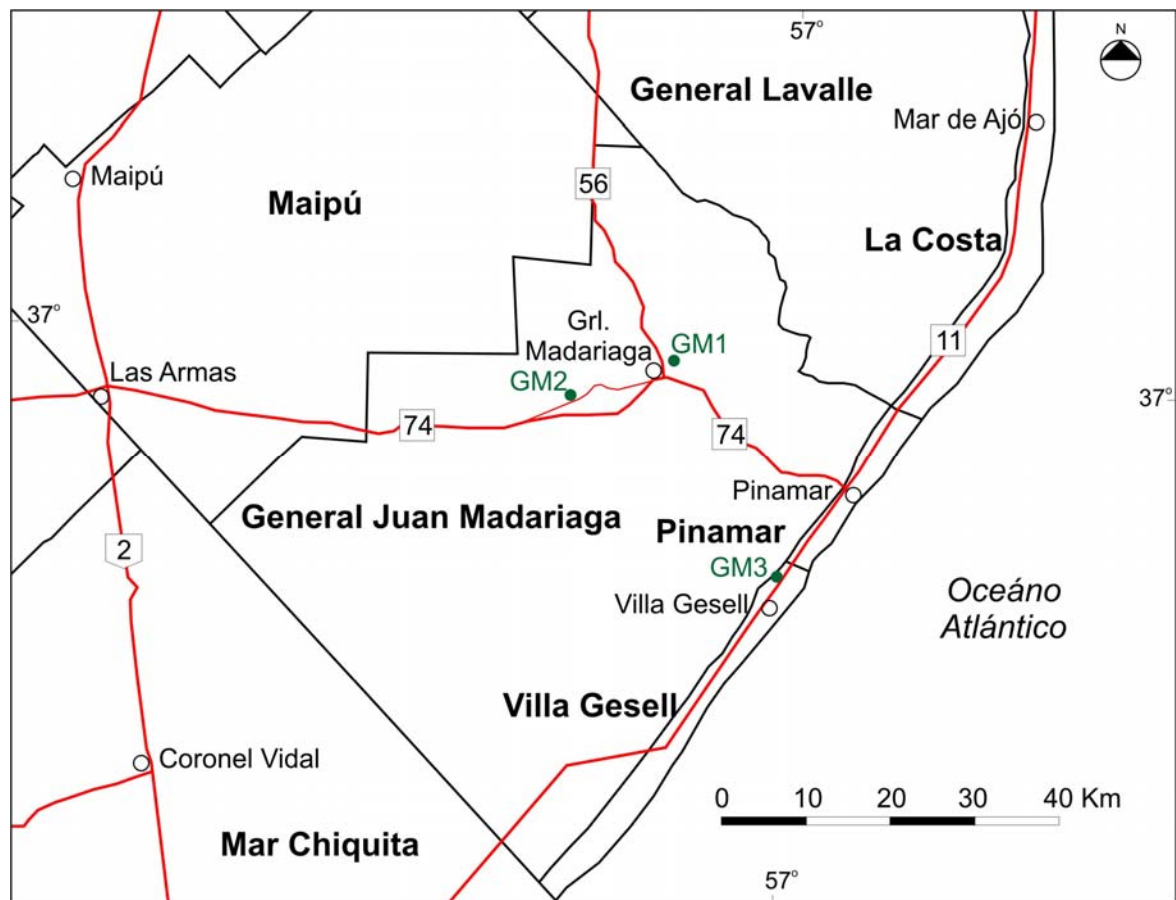


Fig. 1. Mapa de ubicación

Se efectuó una descripción de la morfología de los perfiles según las Normas de Descripción de Suelos vigentes en el país (NSSC, 2000), que incluye las siguientes propiedades:

- Secuencia y profundidad de horizontes;
- Tipo y forma de límites;
- Color en seco y húmedo según el sistema Munsell (Munsell Color, 1975);
- Textura;
- Estructura (tipo, clase y grado);
- Consistencia en seco, húmedo y mojado (plasticidad y adhesividad);
- Presencia de rasgos especiales: moteados, barnices, carbonatos, etc.;
- Cantidad de raíces.

Se indicaron asimismo rasgos asociados a los suelos tales como geoformas, relieve, vegetación, nivel freático, etc.

En la superficie de cada uno de los sitios se realizó un ensayo de infiltración a fin de cuantificar la velocidad a la cual ingresa el agua al suelo. Se utilizó para ello un *infiltrómetro de doble anillo*, con un anillo interno de 16,2 cm de diámetro, un anillo externo de 27,3 cm de diámetro y una altura de 14,5 cm (Fig. 2). Luego de extraer la

parte aérea de la vegetación, se hincó el instrumento en el suelo, agregando agua dentro de ambos anillos hasta alcanzar una lámina de 5 cm que se mantuvo constante. Para ello, a medida que el agua penetraba en el suelo, se la reponía para mantener dicho nivel, registrando cada 5 minutos el agua vertida en el anillo interno. Cada ensayo se mantuvo hasta obtener gastos más o menos constantes de agua, determinándose así la *velocidad de infiltración básica (Ib)* expresada en mm/hora, cuya escala interpretativa (Landon, 1984) se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clases de infiltración básica

<i>Infiltración básica (Ib)</i> mm/hora	Clase
<1	Muy lenta
1-5	Lenta
5-20	Moderadamente lenta
20-60	Moderada
60-125	Moderadamente rápida
125-250	Rápida
>250	Muy rápida

En cada uno de los horizontes identificados se extrajeron muestras para los análisis físicos y químicos convencionales de laboratorio. Las muestras destinadas a análisis de metales pesados e hidrocarburos se extrajeron con herramientas no metálicas y se guardaron en recipientes de plástico herméticamente cerrados.

## Métodos analíticos

Los métodos analíticos utilizados para las determinaciones de laboratorio son los siguientes:

- *Humedad higroscópica*: método gravimétrico. Secado en estufa a 105 °C durante 12 horas.
- *pH*: método potenciométrico sobre pasta de suelo saturada.
- *Resistencia eléctrica*: medición con resistivímetro en la pasta de suelo saturada.
- *Conductividad específica*: medición en el extracto de pasta de suelo saturada en conductímetro Orion.
- *Carbono orgánico*: método de Walkley - Black (el contenido de materia orgánica se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724).
- *Nitrógeno total*: método de Kjeldahl (USDA, SSLMM, Method 6B1a).
- *Capacidad de intercambio catiónico*: en muestras no salinas y exentas de calcáreo por saturación con acetato de amonio a pH 7 y posterior desplazamiento del amonio con cloruro de sodio. En muestras salinas y/o calcáreas la saturación se efectúa con acetato de sodio 1 N a pH 8,2. Se desplaza el sodio con acetato de amonio y se cuantifica mediante fotometría de llama.
- *Cationes intercambiables (calcio, magnesio, sodio y potasio)*: desplazamiento con acetato de amonio 1N a pH 7 y valoración por volumetría (calcio y magnesio) o fotometría de llama (sodio y potasio).



Fig. 2. Ensayos de infiltración. a) en el sitio GM1.  
b) en el sitio GM2.

*Cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio) y aniones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) solubles:* se determinaron en el extracto de la pasta saturada sólo en las muestras salinas (conductividad eléctrica  $\geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ ) o cercanas a este valor, cuando dichos iones podrían alcanzar valores apreciables.

- *Carbonato de calcio:* método semicuantitativo por reacción con ácido clorhídrico.
- *Análisis granulométrico:* método densimétrico de Bouyoucos.
- *Capacidad de campo y punto de marchitez permanente:* extracción de agua en muestras molidas (<2 mm) y saturadas con agua mediante la aplicación de 0,3 y 15 atmósferas, respectivamente, utilizando la membrana de Richards. *Ensayo de expansión libre:* incremento de volumen (en por ciento) de una muestra de suelo molido y secado en estufa ( $10 \text{ cm}^3$ ), luego de ser colocada en una probeta de  $100 \text{ cm}^3$  llena con agua destilada (Abete y Sánchez, 1970).
- *Metales pesados:* se utilizaron los métodos correspondientes a las normas EPA SW 846 3050 B. (plomo: M7420 EAA, cromo total: M 7190 EAA, cadmio: M 7130 EAA, cinc: M 7950 EAA). La concentración se expresó en microgramos por gramo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).
- *Hidrocarburos alifáticos:* se utilizaron las Normas TNRCC 1006 CF-FID. Se determinaron los siguientes hidrocarburos alifáticos: n-octano, n-nonano, n-decano, n-undecano, n-dodecano, n-tridecano, n-pentadecano, n-hexadecano, n-heptadecano, pristano, n-octadecano, pitano, n-nonadecano, n-eicosano, n-heneicosano, n-docosano, n-tricosano y n-tetradecano. La concentración se expresó en microgramos por gramo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).
- *Hidrocarburos aromáticos:* se utilizaron las Normas TNRCC 1006 CF-FID. Se determinaron los siguientes hidrocarburos aromáticos: benceno, tolueno, etilbenceno, para y metaxileno, ortoxileno y xilenos totales. La concentración de todos ellos se expresó en microgramos por gramo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).

Los valores límites para evaluar posible contaminación por metales pesados e hidrocarburos han sido tomados de los “niveles guía de calidad de suelos” incluidos en el Anexo II de la Ley No. 24.051 de Residuos Peligrosos. Los niveles se han diferenciado según usos, como se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Niveles guía de metales pesados e hidrocarburos para distintos usos según Ley de Residuos Peligrosos (en  $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Constituyente		Uso Agrícola	Uso Residencial	Uso industrial
Metales pesados	Cadmio	3	5	20
	Cinc	600	500	1500
	Cromo total	750	250	800
	Plomo	375	500	1000
Hidrocarburos alifáticos		0,3	-	-
Hidrocarburos aromáticos	Benceno	0,05	0,5	5
	Etilbenceno	0,1	5	50
	Tolueno	0,1	3	30
	Xilenos totales	0,1	5	50

Los suelos fueron clasificados desde el punto de vista taxonómico de acuerdo con los sistemas *Taxonomía de Suelos* (Soil Survey Staff, 2007) y la *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo* o *Sistema WRB* (IUSS Working Group, 2007). Según su aptitud para los usos agropecuario y forestal se clasificaron por el sistema de Capacidad de Uso de los Suelos del Servicio de Conservación de Suelos de EE.UU.

(Klingebiel y Montgomery, 1961). El sistema comprende ocho clases, desde la *clase I* para los suelos con limitantes ausentes o escasas hasta la *clase VIII* para suelos inaptos para los usos mencionados. Cada clase, salvo la I, se puede subdividir en subclases mediante letras minúsculas que indican las principales limitantes: *c*: limitante climática; *e*: erosión actual o potencial; *s*: limitantes en la zona de enraizamiento (salinidad, baja dotación de nutrientes, texturas extremas, etc.) y *w*: drenaje deficiente.

## DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

### Clima

La clasificación de los suelos por el sistema Taxonomía de Suelos exige conocer el régimen de humedad de los mismos, es decir las variaciones del contenido de agua que experimentan a través del año. La forma práctica de caracterizar tal régimen es el *balance hídrico medio mensual* elaborado a partir de datos medios mensuales de temperatura (de la cual se deduce la evapotranspiración) y precipitación según el método de Thornthwaite (1948). Se ha utilizado al efecto el balance hídrico de la localidad de Pinamar elaborado por Dangavs (1988) utilizando datos de la estación Pinamar del Servicio Meteorológico Nacional. De acuerdo con dicho balance, la precipitación media anual (serie 1921-1970) es de 884 mm, la evapotranspiración anual potencial es de 766 mm, y la real de 741 mm. Los datos mensuales permiten deducir que en años normales existe un exceso de agua en los suelos de 143 mm acumulados desde junio hasta fines de octubre y un déficit de 25 mm concentrados principalmente en los meses de mayor evapotranspiración (enero y febrero).

Los datos que surgen del balance hídrico mensual permiten deducir que los suelos poseen el régimen de humedad *údic*, que corresponde a los suelos con un déficit de humedad inferior a 90 días acumulativos en el año. Este régimen se aplica a suelos situados en sectores positivos del paisaje en los cuales el agua proviene exclusivamente de la precipitación ("suelos zonales"). A los suelos ubicados en sectores deprimidos del paisaje, que reciben además del agua de lluvia la proveniente por escurrimiento superficial desde sectores más elevados y del nivel freático, les corresponde el régimen de humedad *ácuico*.

### Geología y Geomorfología

Dentro de los grandes ambientes naturales de la provincia de Buenos Aires el partido de General Madariaga podría ubicarse en la Pampa Deprimida, que se caracteriza por su relieve muy plano, con una pendiente regional extremadamente baja (alrededor de 3 cm/km de sur a norte hacia la bahía de Samborombón según Dangavs, 1988). De acuerdo con Tricart (1973), la red de ríos y arroyos está muy mal constituida a pesar del clima húmedo debido a las pendientes exiguas y las herencias de climas más secos en el pasado reciente. En cambio, son abundantes los cuerpos de agua permanentes o casi permanentes (lagunas) o temporarios (bañados, cañadas, cubetas de deflación, depresiones pantanosas).

De todas maneras, Cabral (2005), en un nivel de análisis más detallado, considera que el partido presenta características geomórficas que lo asocian a más de una región, ya que se encuentran tanto materiales de origen marino como continental, y su modelado responde al desarrollo de procesos eólicos, fluviales y litorales. Así, en el partido se interrelacionan la *Zona Extraserrana de las Sierras de Tandil*, la *Zona Deprimida* y la *Zona Costera* desde las cuales llegan excedentes hídricos tanto por vía superficial como subterránea. De tal manera, se distinguen dos grandes zonas, según el origen de sus materiales y procesos geomórficos: una zona costera, de origen marino y otra zona de origen continental. Por otra parte, Violante et al. (1995) diferencian para la región dos grandes ambientes: a) *llanura pampeana* y b) *llanura costera*.

La llanura pampeana, también denominada *llanura continental* o *llanura alta*, es la que abarca la mayor parte de la Región Pampeana. Se encuentra en cotas superiores a 5 m sobre el nivel del mar, no ha sido afectada por ingresiones marinas holocenas y está constituida por sedimentos eólicos loésicos, en parte retrabajados por el agua. La llanura continental incluye diversos ambientes o subregiones diferenciados principalmente por el relieve, los sedimentos y los suelos.

El partido de General Madariaga se encuentra en su mayor parte dentro de la llanura alta. Los sedimentos de origen continental se encuentran localizados en los sectores central, oeste y sur del partido donde aflora el loess pampeano, fuertemente afectado por la acción eólica. Dentro de él se diferencian dos sectores: el *Sector Central* que conforma la *Llanura Central*, donde se asienta la ciudad cabecera del partido y el *Sector Oeste*, en el que se destaca el *Área de Intenso Modelado Eólico*, cuyas geoformas fueron elaboradas por la acción del viento de dirección SO-NE, en épocas de extrema aridez. La acción eólica erosionó la superficie formando cubetas de deflación de diferentes formas y dimensiones y depositando el material más pesado en el borde NE de la cubeta, en forma de parábola. Sobre una de estas lomadas eólicas se encuentra el Perfil GM2. Sobre este antiguo paisaje se desarrolló posteriormente un clima húmedo que fue transformando las cubetas de deflación en lagunas y bajos anegados, con acumulación de agua de manera permanente o semipermanente.

Las llanuras costeras se encuentran al pie de la llanura pampeana y son ambientes que estuvieron sometidos a ingresiones y regresiones del mar durante el Holoceno. Violante et al. (2001) reconocen en la provincia de Buenos Aires tres llanuras costeras, que de norte a sur son: a) *Río de la Plata*, b) *Ajó* y c) *Mar Chiquita*.

El partido de General Madariaga se encuentra dentro de la *Llanura costera Ajó*. Los sedimentos de origen marino se localizan en cuatro sectores de características muy distintas: 1) el *Sector Norte*, de transición entre las zonas continental y marina, donde se desarrollan arroyos que drenan hacia los bajos del partido de General Lavalle; 2) el *Sector Estuárico Marino*, que aloja al *Complejo Lagunar Salada Grande*; 3) el *Sector Sureste*, que incluye a la antigua albufera de Mar Chiquita y 4) el *Sector Litoral Atlántico*, conformado por el *Cordón Medanoso Costero* (Cabral, 2005).

El Perfil GM1 se encuentra en el Sector Estuárico-Marino. El *Complejo Lagunar Salada Grande*, que abarca una superficie importante de este sector, es una subcuenca límnic situada inmediatamente al NE y E de la localidad de General Madariaga e integrada por varios ambientes lénticos que se comunican

superficialmente en forma permanente o casi permanente (lagunas Salada Grande, Salada Chica, Las Chilcas, La Limpia, La Barrancosa y La Larga) o bien excepcionalmente (El Tigre y El Carbón) (Dangavs, 1988). Estas lagunas fueron originadas por la ocupación de agua superficial en antiguas cubetas producidas por deflación eólica sobre arenas con un sustrato arcilloso de origen marino. Otra subcuenca límnic cercana, ubicada al N de la Ruta Provincial 74, es el *Complejo El León* formado por las lagunas El León, La Colorada, El Rosario y Los Horcones (Dangavs, 1988). El perfil GM1 se encuentra en un sector elevado (interfluvios o islotes, Cabral, 2005) rodeado por lagunas del Complejo Lagunar Salada Grande, cerca de la llanura continental, por lo cual puede haber materiales de este origen, aunque la participación de sedimentos estuárico-marinos es evidente por los contenidos algo elevados de sodio intercambiable y sales solubles en materiales altamente arcillosos.

Otra área que pertenece a la llanura costera es el *Sector Litoral Atlántico* que tiene mínima expresión en el partido de General Madariaga (Cabral, 2005), extendiéndose principalmente en los partidos vecinos de Pinamar y Villa Gesell. Más precisamente se ubica en el área de médanos costeros o cordón costero (Violante et al., 2001) que constituye una franja de unos 5 km de ancho situada en el borde externo de dicha llanura costera y que se extiende también en la llanura costera Mar Chiquita. Según esos autores esta unidad se formó en etapas posteriores a los 3000 años AP, a medida que se producía un descenso del nivel del mar. Los sedimentos removidos por el viento desde las playas pasaron a coronar barreras en forma de cadenas de médanos (Formación Punta Médanos). Las áreas más internas de la unidad, donde se encuentra el perfil GM3, tienen relieve más plano que en los médanos y están formadas por arenas provenientes de éstos por acción eólica.

Desde el punto de vista granulométrico, hay predominio de la fracción arena fina. Mineralógicamente, son más abundantes los minerales livianos, principalmente plagioclasas y cuarzo. Hay cantidades importantes de pastas volcánicas y en menor proporción feldespato potásico, vidrio volcánico y carbonatos. Entre los minerales pesados predominan piroxenos, augita e hipersteno. La mayoría de los minerales provienen de terrenos cuaternarios y pliocenos de la provincia por destrucción de barrancas y aportes fluviales (Teruggi, 1959).

## DESCRIPCION DE LOS SUELOS

En esta sección se efectúa una caracterización detallada de cada uno de los perfiles de suelo estudiados. Luego de una descripción general, se consigna los datos morfológicos y a continuación los datos analíticos.

### PERFIL GM1

El perfil se encuentra en una pequeña parcela (aprox. 0,7 ha) de forma triangular que linda hacia el O con el predio de recepción de residuos sólidos urbanos de la localidad de General Madariaga (Fig. 3), del que se halla separado por una hilera de árboles (Fig. 4). Hacia el E linda con un canal que interconecta varias lagunas cercanas (Fig. 5). Es un área plana con una muy ligera pendiente hacia dicho canal. El predio se halla cubierto por vegetación de pastizal bastante denso (Fig. 6).



Fig. 3. Ubicación del Perfil GM1. Imagen Google Earth del 7 de enero de 2003.



Fig. 4. Vista del predio correspondiente al Perfil GM1.



Fig. 5. Canal que bordea el predio del Perfil GM1.

La parcela se encuentra en un sitio ligeramente elevado (interfluvio) del Complejo Lagunar Salada Grande perteneciente al Sector Estuárico Marino en la llanura costera Ajó. Se halla cerca de la llanura alta con sedimentos continentales, que se extiende hacia el O.

El suelo estudiado se ha formado a partir de sedimentos arcillosos, probablemente de origen estuárico, por lo menos parcialmente. Es un suelo sódico y ligeramente salino; presenta reacción levemente ácida en el horizonte superficial, tornándose moderada y fuertemente alcalina en los horizontes B. Posee tenores elevados de arcilla, particularmente en los horizontes subsuperficiales (Tabla 3). Es imperfectamente drenado, ya que puede estar sujeto a esporádicos anegamientos por desborde de lagunas y canales cercanos. El nivel freático afecta especialmente los horizontes inferiores, lo cual es revelado por colores glei (verdosos) en forma de manchones discontinuos a partir de los 54 cm, y afectando todo el horizonte por debajo de los 74 cm. En el momento del estudio, el nivel freático se encontraba a 96 cm. El agua freática reveló fuerte alcalinidad (pH 8,6) y salinidad algo elevada (conductividad eléctrica cercana a  $7 \text{ dS m}^{-1}$ ). La salinidad también afecta, aunque en forma leve ( $3 \text{ a } 4 \text{ dS m}^{-1}$ ) a todos los horizontes, salvo el superficial, dominando ampliamente el catión sodio y el anión cloruro. Se observan contenidos elevados de carbonato de calcio, particularmente en los dos horizontes inferiores y en forma de concreciones (Fig. 7).

A partir de los horizontes B, el suelo posee elevada capacidad de expansión-contracción, sobre todo entre los 25 y 54 cm de profundidad, donde el ensayo de expansión libre alcanzó un valor muy elevado (240 %). A pesar de ello, no se observaron rasgos vérticos tales como superficies de deslizamiento (slickensides) o agregados cuneiformes. Los muy elevados contenidos de arcilla (entre 60 y 70%) y los contenidos altos de sodio intercambiable (catión con alta capacidad para hidratarse) podrían explicar este comportamiento.

El ensayo de infiltración (Fig. 2) mostró un valor de infiltración básica de 21 mm/hora que corresponde a la clase *moderada*, cerca del límite con la clase *moderadamente lenta* (Tabla 1). Este valor, algo elevado considerando las texturas finas predominantes en el perfil, podría explicarse por la abundancia de raíces en el horizonte superficial, que han facilitado a través de un sistema de poros muy desarrollado el movimiento vertical del agua.

Respecto de los metales pesados, no se han advertido tendencias definidas en cuanto a su distribución en el perfil. Sólo puede mencionarse cierto incremento en cinc, cromo y plomo en la parte media del perfil (horizonte Btn2, 25-54 cm), valores que se repiten, aunque en forma levemente menor, hacia la base (por debajo de los 74 cm). De todas maneras, en todos los casos los contenidos se hallan muy por debajo de los niveles guía indicados en la Tabla 2, aún para los usos más restrictivos (agrícola y residencial). En lo referente a hidrocarburos, no se han encontrado valores anómalos (Tabla 3).

El suelo ha sido clasificado como *Natracualf típico* según Taxonomía de Suelos por tener un horizonte A ócrico, un horizonte Bt nátrico y poseer deficiencias en el drenaje (régimen de humedad *ácuico*). Según WRB, el suelo se clasificó como *Solonetz Gleico Cálcico (Arcílico)*, destacando el nombre, además de las propiedades consignadas por Taxonomía de Suelos, la presencia de carbonatos secundarios y



Fig. 6. Vista general del predio del sitio GM1.



Fig. 7. Perfil GM1. Nivel freático a 96 cm.

textura arcillosa. De acuerdo con su aptitud para el uso agropecuario-forestal se le asignó la subclase VIws debido a las limitaciones por sodicidad en la mayor parte del perfil, contenidos elevados de arcilla y drenaje deficiente, por riesgo de anegamiento y nivel freático elevado. Desde el punto de vista ingenieril, se debe destacar la alta expansividad, especialmente por debajo de los 25 cm.

### Datos del sitio

*Ubicación:* 0,6 km al E de Ruta Provincial 56. 2 km al ENE de General Madariaga

*Coordenadas geográficas:* 36° 59' 21" S, 57° 06' 37" O.

*Altura sobre el nivel del mar:* 5 m (aprox.)

*Unidad geomorfológica:* Interfluvio en Complejo Lagunar Salada Grande

*Vegetación:* pastizal natural. raigrás (*Lolium perenne*), festuca (*Festuca sp.*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*), etc. *Cobertura vegetal:* 95 %

*Nivel freático:* 96 cm (3/12/09). Agua freática: pH: 8,6, conductividad eléctrica: 6,9 dS/m

*Clase de drenaje natural:* imperfectamente drenado

*Clasificación:* Natracualf típico (Taxonomía de Suelos)

Solonetz Gleico Cálcico (Arcílico) (WRB)

Subclase de capacidad de uso: VIws

### Descripción morfológica

- A 0-11 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares finos y medios débiles; muy duro, firme, plástico, adhesivo: raíces abundantes; límite claro y plano.
- Btn1 11-25 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; arcilloso; estructura en bloques subangulares finos y medios moderados; muy duro, firme, muy plástico, muy adhesivo; barnices arcillo-húmicos abundantes; raíces comunes a abundantes; límite gradual y ondulado.
- Btn2 25-54 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; arcilloso; estructura en prismas medios fuertes; muy duro, firme, muy plástico, muy adhesivo; barnices arcillo-húmicos abundantes; moteados comunes medios y débiles; concreciones de carbonato de calcio escasas: raíces comunes; límite gradual y ondulado.
- BCnkg1 54-74 cm; gris a gris oscuro (10YR 4,5/1) en seco y gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; arcilloso; muy duro, friable, muy plástico, muy adhesivo; barnices de arcilla discontinuos; manchas de color glei (5Y 5/2 en seco) abundantes; concreciones de carbonato de calcio abundantes; raíces comunes; límite gradual y ondulado.
- BCnkg2 74-96+ cm; gris claro (5Y 7/1) en seco y gris oliva (5Y 4/2) en húmedo; arcilloso; masivo; duro, friable, muy plástico, muy adhesivo; barnices de arcilla comunes; concreciones de carbonato de calcio comunes; raíces escasas.

**Tabla 3. Datos analíticos del Perfil GM1**

<b>Horizontes</b>		<b>A</b>	<b>Btn1</b>	<b>Btn2</b>	<b>BCnkg1</b>	<b>BCnkg2</b>
Profundidad (cm)		0-11	11-25	25-54	54-74	74-96+
No. de laboratorio		2521	2522	2523	2524	2525
Humedad higroscópica (% en peso)		7,59	10,78	13,39	8,90	11,97
pH (pasta)		6,1	8,1	8,4	8,9	8,4
Resistencia (pasta) (ohms)		380	70	50	60	80
Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )		0,95	4,00	4,20	3,90	3,00
Composición granulométrica (%)	Arcilla <2 µm	35,5	60,9	69,2	73,0	70,5
	Limo 2-50 µm	45,2	31,0	20,4	21,8	26,9
	Arena 50-2000 µm	19,3	8,1	10,4	5,3	2,6
Clase textural		Franco arcillo limosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa
Carbono orgánico (%)		6,02	2,40	0,94	0,43	0,29
Materia orgánica (%)		10,38	4,14	1,62	0,74	0,50
Nitrógeno total (%)		0,439	0,270	0,112	0,079	0,051
Relación C/N		13,7	8,9	8,4	5,4	5,7
Capacidad de intercambio catiónico (cmolc kg <sup>-1</sup> )		38,9	46,0	49,8	48,3	46,1
Bases de intercambio (cmolc kg <sup>-1</sup> )	Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	18,7	16,0	-	-	-
	Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	14,2	15,0	-	-	-
	Sodio (Na <sup>+</sup> )	2,9	12,7	25,1	22,9	17,7
	Potasio (K <sup>+</sup> )	2,4	2,5	5,0	4,9	4,5
Porcentaje de Na <sup>+</sup> intercambiable		7,5	27,6	50,4	47,4	38,4
Saturación con bases (%)		98,2	100	100	100	100
Carbonato de calcio (%)		0	0	0,6	12,7	5,1
Cationes solubles (cmolc L <sup>-1</sup> )	Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	-	5,53	4,09	2,05	1,95
	Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	-	6,50	6,25	3,37	1,81
	Sodio (Na <sup>+</sup> )	-	38,31	51,90	40,44	27,83
	Potasio (K <sup>+</sup> )	-	0,77	1,13	0,90	7,16
Aniones solubles (cmolc L <sup>-1</sup> )	Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	-	0,0	0,0	2,77	1,53
	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	-	12,16	7,47	3,61	4,62
	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	-	31,61	40,87	34,21	27,44
	Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	-	7,85	15,20	9,45	3,08
Capacidad de campo (%)		53,68	63,36	82,46	73,45	72,61
Punto de marchitez permanente (%)		27,48	33,08	41,07	37,81	40,31
Agua útil (%)		26,20	30,28	41,39	35,64	32,30
Infiltración básica (mm h <sup>-1</sup> )		21	-	-	-	-
Expansión libre (%)		60	120	240	145	175
Metales pesados (µg g <sup>-1</sup> )	Cadmio (Cd)	<0,125	<0,125	<0,125	<0,125	<0,125
	Cinc (Zn)	42,0	42,25	68,25	47,75	62,25
	Cromo total (Cr)	5,7	5,5	11,5	2,2	10,5
	Plomo (Pb)	9,7	9,7	10,5	7,2	10,5
Hidrocarburos alifáticos (µg kg <sup>-1</sup> )		<1(*)	<1(*)	<1(*)	<1(*)	<1(*)
Hidrocarburos aromáticos (µg g <sup>-1</sup> )	Benceno	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Tolueno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Etilbenceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	p- y m-Xileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	o-Xileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	Xilenos totales	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

(\*) Este mismo valor corresponde a los siguientes hidrocarburos alifáticos: n-octano, n-nonano, n-decano, n-undecano, n-dodecano, n-tridecano, n-pentadecano, n-hexadecano, n-heptadecano, pristano, n-octadecano, pitano, n-nonadecano, n-eicosano, n-heneicosano, n-docosano, n-tricosano y n-tetradecano.

## PERFIL GM2

El perfil se encuentra en un predio rural dedicado a uso agropecuario, sobre el “Camino del Tala”, aproximadamente paralelo a la Ruta Provincial 74 (Figs. 8, 9). Se ubica en una loma bien definida dentro de la llanura alta cubierta por sedimentos continentales loésicos (Fig. 10), dentro de la unidad geomorfológica “Área de intenso modelado eólico” (Cabral, 2005). Se halla rodeada de depresiones, lagunas y otras áreas sujetas a anegamiento frecuente.

El suelo es representativo de los ambientes elevados de la Pampa Deprimida, en los que se pueden diferenciar dos materiales acumulados en diferentes períodos. En ambos casos se trata de sedimentos loésicos de origen eólico. El material más reciente se extiende en los 40 cm superficiales y en él se ha desarrollado un suelo incipiente, con un horizonte A profundo y rico en materia orgánica, con buenas características para uso agrícola. Este material ha sepultado a un suelo más antiguo (paleosuelo) con una secuencia de horizontes 2Btb-BCb-C (Fig. 11). En este paleosuelo el horizonte A ha sido eliminado posiblemente por erosión eólica durante un período más seco y frío con escasa cobertura vegetal. En la formación del horizonte 2Btb ha intervenido principalmente el proceso de argiluvación, es decir la acumulación de arcilla translocada desde capas superiores. Dicho proceso es evidenciado por revestimientos de arcilla, o arcilla y humus, que cubren parcialmente los agregados. Por debajo de este horizonte el contenido de arcilla disminuye notablemente, encontrándose acumulaciones de carbonato en el horizonte 2BCkb. El suelo presenta en gran parte reacción ácida, tornándose leve a moderadamente alcalina en profundidad por la presencia de los carbonatos. No se aprecian niveles elevados de sodio intercambiable o de sales solubles en ningún horizonte (Tabla 4).

La infiltración básica en el horizonte superficial alcanzó un valor de 89 mm/hora. Este valor moderadamente rápido puede atribuirse a la excelente estructura de tipo granular y a la alta densidad de raíces, factores ambos que contribuyen a la formación de un sistema poroso muy bien desarrollado. A esto deben sumarse los contenidos relativamente bajos de arcilla.

Respecto de los metales pesados, no se han encontrado valores elevados en ningún caso. Hay cierta tendencia a mayor acumulación en el horizonte de mayor concentración de arcilla (2Btb) por poseer mayor capacidad de intercambio catiónico que aumenta la retención de elementos con carga positiva. De todas maneras, los valores de cinc ( $42,5 \mu\text{g g}^{-1}$ ), cromo ( $6,2 \mu\text{g g}^{-1}$ ) y plomo ( $9,0 \mu\text{g g}^{-1}$ ) en este horizonte se hallan muy por debajo de los niveles guía más restrictivos establecidos por la Ley 24.051 ( $500$ ,  $250$  y  $375 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente). Lo mismo ocurre con el cadmio, que se encuentra en todos los horizontes por debajo del límite de detección del método analítico ( $< 0,125 \mu\text{g g}^{-1}$ ), siendo el nivel guía para el uso más restrictivo (agrícola) de  $3 \mu\text{g g}^{-1}$ . Tampoco se han encontrado contenidos de hidrocarburos alifáticos o aromáticos que superen los niveles guía (Tabla 4).

En el material superior sólo se ha identificado un horizonte de diagnóstico mólico; por debajo se encontró un horizonte argílico sepultado y por debajo de éste acumulación de carbonatos secundarios. Por ello, y considerando que el régimen de humedad es údico, el suelo se clasificó como *Hapludol tpto-árgico* según Taxonomía



Fig. 8. Ubicación del Perfil GM2 respecto a la localidad de General Madariaga y a la Ruta Provincial 74. Imagen Google Earth del 25 de febrero de 2003.



Fig. 9. Ubicación del perfil GM2. Imagen Google Earth del 25 de febrero de 2003.

de Suelos. Según WRB se lo clasificó como *Phaeozem háplico sobre Luvisol cálcico*. Desde el punto de vista de su capacidad de uso, se le asignó la clase I por poseer buena fertilidad física y química, especialmente en el horizonte A muy profundo (textura y estructura adecuadas, altos contenidos de materia orgánica y nitrógeno, alta capacidad de intercambio catiónico). Asimismo, el riesgo de anegamiento o inundación es muy bajo.

### Datos del sitio

*Ubicación:* Campo La Soledad. Sr. Carlos Goñi. Lote nomenclatura 6Q. "Camino del Tala", 9 km al OSO de la localidad de General Madariaga

*Coordenadas geográficas:* 37° 02' 46" S, 57° 14' 14" O.

*Altura sobre el nivel del mar:* 6 m (aprox.)

*Material originario:* loess

*Unidad geomorfológica:* Area de intenso modelado eólico (lomada loésica)

*Vegetación:* pastura enmalezada. Raigrás (*Lolium perenne*) festuca (*Festuca sp.*), gramillón (*Cynodon dactylon*), cardo negro (*Cirsium vulgare*), abrepuño (*Centaurea calcitrapa*).

*Cobertura vegetal:* 90 %

*Clase de drenaje natural:* bien drenado

*Clasificación:* Hapludol tpto-árgico (Taxonomía de Suelos)

Phaeozem háplico sobre Luvisol cálcico (WRB)

Clase de capacidad de uso: I

### Descripción morfológica

- |       |   |
|-------|---|
| A     | 0-30 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en seco y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura granular fina y media moderada; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; raíces abundantes; límite claro y plano.  |
| AC    | 30-40 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco; masivo; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; raíces abundantes; límite neto y plano.  |
| 2Btb  | 40-64 cm; pardo claro a amarillo rojizo (7,5YR 6/5) en seco y pardo a pardo fuerte (7,5YR 5/5) en húmedo; arcilloso; estructura en prismas regulares medios fuertes; muy duro, firme, plástico, adhesivo; barnices arcillo-húmicos discontinuos, (color 7,5YR 3,5/1 en seco y 7,5YR 3/1 en húmedo); raíces comunes; límite gradual y plano. |
| 2BCkb | 64-90 cm; pardo claro (7,5YR 6/4) en seco y pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco limoso; duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; barnices de arcilla escasos (color 7,5YR 3,5/1 en seco y 7,5YR 3/1 en húmedo); concreciones irregulares de carbonato de calcio comunes; raíces comunes; límite gradual y ondulado.       |
| 2C    | 90-110+ cm; rosado (7,5YR 7/4) en seco y pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco; blando, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; moteados comunes, finos y precisos; raíces comunes.  |

**Tabla 4. Datos analíticos del Perfil GM2**

<b>Horizontes</b>		<b>A</b>	<b>AC</b>	<b>2Btb</b>	<b>2BCkb</b>	<b>2C</b>
Profundidad (cm)		0-30	30-40	40-64	64-90	90-110+
No. de laboratorio		2526	2527	2528	2529	2530
Humedad higroscópica (% en peso)		3,45	3,22	7,73	7,21	4,21
pH (pasta)		5,4	5,8	5,8	7,8	8,0
Resistencia (pasta) (ohms)		1500	1800	420	340	340
Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )		0,30	0,20	0,20	0,50	1,20
Composición granulométrica (%)	Arcilla < 2 μm	19,7	19,6	48,5	20,4	10,4
	Limo 2-50 μm	51,7	43,4	30,2	52,5	46,9
	Arena 50-2000 μm	28,6	37,0	21,4	27,1	42,7
Clase textural		Franco limosa	Franca	Arcillosa	Franco limosa	Franca
Carbono orgánico (%)		3,40	1,33	1,72	0,20	0,07
Materia orgánica (%)		5,86	2,29	2,97	0,34	0,12
Nitrógeno total (%)		0,243	0,116	0,095	0,049	0,027
Relación C/N		14,0	11,4	18,1	4,1	2,6
Capacidad de intercambio catiónico (cmolc kg <sup>-1</sup> )		25,2	19,5	35,1	33,4	17,1
Bases de intercambio (cmolc kg <sup>-1</sup> )	Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	9,6	8,4	14,6	-	8,2
	Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	8,0	7,5	8,3	-	6,5
	Sodio (Na <sup>+</sup> )	0,3	0,3	0,7	1,9	1,4
	Potasio (K <sup>+</sup> )	1,7	1,4	2,5	2,1	1,2
Porcentaje de Na <sup>+</sup> intercambiable		1,2	1,5	2,0	5,7	8,2
Saturación con bases (%)		77,8	90,2	74,4	100	100
Carbonato de calcio (%)		0	0	0	1,5	0
Capacidad de campo (%)		34,94	24,54	43,81	36,60	22,36
Punto de marchitez permanente (%)		14,16	9,21	23,90	17,94	9,93
Agua útil (%)		20,78	15,33	19,91	18,66	12,43
Infiltración básica (mm h <sup>-1</sup> )		89	-	-	-	-
Expansión libre (%)		40	40	120	70	30
Metales pesados (μg g <sup>-1</sup> )	Cadmio (Cd)	<0,125	nd	<0,125	<0,125	<0,125
	Cinc (Zn)	25,75	nd	42,50	41,50	31,50
	Cromo total (Cr)	4,2	nd	6,2	6,0	5,2
	Plomo (Pb)	5,5	nd	9,0	8,5	5,0
Hidrocarburos alifáticos (μg g <sup>-1</sup> )		<1(*)	nd	<1(*)	<1(*)	<1(*)
Hidrocarburos aromáticos (μg g <sup>-1</sup> )	Benceno	<0,003	nd	<0,003	<0,003	<0,003
	Tolueno	<0,01	nd	<0,01	<0,01	<0,01
	Etilbenceno	<0,01	nd	<0,01	<0,01	<0,01
	p- y m-Xileno	<0,03	nd	<0,03	<0,03	<0,03
	o-Xileno	<0,03	nd	<0,03	<0,03	<0,03
	Xilenos totales	<0,03	nd	<0,03	<0,03	<0,03

nd: no determinado

(\*) Este mismo valor corresponde a los siguientes hidrocarburos alifáticos: n-octano, n-nonano, n-decano, n-undecano, n-dodecano, n-tridecano, n-pentadecano, n-hexadecano, n-heptadecano, pristano, n-octadecano, pitano, n-nonadecano, n-eicosano, n-heneicosano, n-docosano, n-tricosano y n-tetradecano.



Fig. 10. a), b). Vistas generales del predio correspondiente al Perfil GM2.



Fig.11. Perfil GM2. Los cuchillos marcan la base del horizonte A y el comienzo del horizonte 2Btb. Los tramos de la escala miden 10 cm.

## PERFIL GM3

Este perfil se encuentra en el predio del Centro de Disposición Final y Reciclado de Residuos Sólidos Urbanos de la localidad de General Madariaga, perteneciente a la empresa Ecoplata S.A, ubicado sobre Ruta Provincial 11, a 5 km al N de Villa Gesell (Figs. 12, 13). La calicata se excavó en un lugar donde no se están disponiendo residuos en la actualidad y tampoco se encuentran residuos enterrados anteriormente (Fig. 14). De todas maneras, hay evidencias de intervención antrópica en la parte superior del suelo pues se han encontrado fragmentos aislados de ladrillos, plásticos, metales, vidrios, etc., que según referencias provendrían de una antigua construcción cercana, actualmente demolida. Desde el punto de vista geomorfológico, el sitio se encuentra dentro de la Llanura Costera Ajó, en un área interna de las dunas costeras donde el relieve se torna plano o muy levemente ondulado, con materiales arenosos cuyas características se explicaron en la sección “Geología y Geomorfología”.

El suelo tiene débil desarrollo, habiéndose identificado sólo horizontes A depositados en diferentes períodos. En superficie se halla un material de alrededor de 20 cm de espesor, cuyos primeros 10 cm están modificados por acción antrópica, como ya se mencionó. A partir de los 22 cm, y separado por un límite bien definido, se localiza otro horizonte A sepultado, de color más oscuro que los suprayacentes. Este horizonte continúa por lo menos hasta los 64 cm, profundidad a la cual se detuvo la perforación por afloramiento del agua freática (Fig. 15).

El suelo tiene textura arenosa en todos los horizontes, reacción leve a moderadamente alcalina, baja salinidad, contenidos muy elevados de materia orgánica en el horizonte superficial, poco humificada, que desciende marcadamente en el horizonte subyacente, aumentando levemente en el horizonte A sepultado (2Ab), en coincidencia con los colores que se tornan más oscuros. Los contenidos de nitrógeno total y la capacidad de intercambio catiónico son medios a bajos. Debido a las texturas gruesas, la retención de agua es reducida (Tabla 5). El horizonte superficial mostró cierto grado de repelencia al agua (hidrofobicidad), posiblemente por los elevados contenidos de materia orgánica; al respecto deberían excluirse como causantes a los hidrocarburos ya que éstos se encuentran en niveles bajos. Esta repelencia explicaría en parte la infiltración algo baja (18 mm/hora, clase moderadamente lenta), considerando la textura arenosa del horizonte superficial. También debería considerarse cierta compactación de los materiales por intervención antrópica.

Respecto de los metales pesados, debe destacarse el elevado contenido de cinc del horizonte superficial ( $421 \mu\text{g g}^{-1}$ ), aproximadamente 20 veces superior al encontrado en los demás horizontes. Esto podría atribuirse a los restos de construcción encontrados en ese horizonte, como ya se mencionó. De todas maneras, dicho valor no supera el nivel guía establecido por la Ley 25.501 ( $500 \mu\text{g g}^{-1}$ , para uso residencial). El contenido de plomo es también algo mayor en el horizonte superficial ( $7,7 \mu\text{g g}^{-1}$ ) respecto de los horizontes subyacentes ( $2,5 \mu\text{g g}^{-1}$ ), pero manteniéndose muy lejos del nivel guía más restrictivo ( $375 \mu\text{g g}^{-1}$  para uso agrícola). En el caso de cadmio y cromo los valores determinados son muy bajos, no encontrándose diferencias significativas entre los horizontes. Lo mismo ocurre con los hidrocarburos alifáticos y aromáticos (Tabla 5).



Fig. 12. Ubicación del Perfil GM3. Centro de Disposición Final y Recuperación de Residuos Sólidos Urbanos. Ecoplata SA. Imagen Google Earth del 15 de abril de 2006.



Fig. 13. Entrada al predio del centro de disposición final y recuperación de residuos donde se encuentra el Perfil GM3.



Fig. 14. Vista de ambiente en que se encuentra el Perfil GM3.

Debido al escaso desarrollo, los contenidos elevados de arena en todo el perfil y la presencia de agua freática, que afecta la parte inferior del perfil durante algún período del año, el suelo se clasificó como *Udipsament oxiácuico* según Taxonomía de Suelos y como *Arenosol háplico* según el sistema WRB. De acuerdo con la capacidad de uso se le asignó la subclase IVs, teniendo en cuenta sobre todo la baja retención de agua derivada de la textura arenosa, la cual también origina reducida fertilidad química; los contenidos elevados de materia orgánica en el horizonte superficial parecerían contradecir esto último, pero se trata de materia orgánica poco humificada, como lo revela la elevada relación carbono/nitrógeno (18,4).

### Datos del sitio

*Ubicación:* Centro de Recepción de RSU. Ecoplata S.A. Ruta 11. 5 km al N de Villa Gesell

*Coordenadas geográficas:* 37° 11' 41" S, 56° 58' 00" O.

*Altura sobre el nivel del mar:* 5 m (aprox.)

*Unidad geomorfológica:* Cordón medanoso costero (sector interno plano)

*Material originario:* arenas eólicas

*Vegetación:* campo enmalezado: cardos (*Carduus*, *acanthoides*, *Cirsium vulgare*), *Cyperus* ssp., duraznillo (*Solanum glaucophyllum*), trébol blanco (*Trifolium repens*), etc.

*Cobertura vegetal:* 100 %

*Nivel freático:* 64 cm (4/12/2009). *Agua freática:* pH: 7,6, conductividad eléctrica: 1,7 dS/m

*Clase de drenaje natural:* moderadamente bien drenado

*Clasificación del suelo:* Udipsament oxiácuico (Taxonomía de Suelos)

Arenosol Háplico (WRB)

Subclase de capacidad de uso: IVs

### Descripción morfológica

- Ap 0-10 cm; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/3) en seco y pardo oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo; arenoso; estructura granular fina débil; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; raíces abundantes; presencia de artefactos escasos (trozos de vidrio, ladrillos, plásticos, etc.); límite neto y plano.
- A 10-22 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco y pardo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arenoso; masivo; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; raíces comunes; límite claro y plano.
- 2Ab 22-64+ cm; gris muy oscuro (10YR 3/1) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; arenoso; masivo; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; raíces comunes.



Fig. 15. Perfil GM3. Nivel freático a 64 cm. Tramos de la escala: 10 cm.

**Tabla 5. Datos analíticos del Perfil GM3**

<b>Horizontes</b>		<b>Ap</b>	<b>A</b>	<b>2Ab</b>
Profundidad (cm)		0-10	10-22	22-64+
No. de laboratorio		2531	2532	2533
Humedad higroscópica (% en peso)		1,71	0,95	1,34
pH (pasta)		7,7	8,6	8,2
Resistencia (pasta) (ohms)		640	2000	1360
Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )		1,00	0,67	0,75
Composición granulométrica (%)	Arcilla <2 µm	3,6	3,0	3,5
	Limo 2-50 µm	6,1	2,0	3,0
	Arena 50-2000 µm	90,3	95,0	93,4
Clase textural		Arenosa	Arenosa	Arenosa
Carbono orgánico (%)		4,90	0,68	1,00
Materia orgánica (%)		8,45	1,17	1,72
Nitrógeno total (%)		0,266	0,078	0,081
Relación C/N		18,4	8,7	12,3
Capacidad de intercambio catiónico (cmolc kg <sup>-1</sup> )		14,5	9,8	13,4
Bases de intercambio (cmolc kg <sup>-1</sup> )	Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	-	4,4	4,8
	Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	-	4,2	6,2
	Sodio (Na <sup>+</sup> )	1,1	0,2	0,6
	Potasio (K <sup>+</sup> )	0,9	1,3	1,6
Porcentaje de Na <sup>+</sup> intercambiable		7,6	2,0	4,5
Saturación con bases (%)		100	100	98,5
Carbonato de calcio (%)		16,3	0	0
Capacidad de campo (%)		13,17	5,41	8,04
Punto de marchitez permanente (%)		10,25	2,45	3,23
Agua útil (%)		2,92	2,96	4,81
Infiltración básica (mm h <sup>-1</sup> )		18	-	-
Expansión libre (%)		20	20	15
Metales pesados (µg g <sup>-1</sup> )	Cadmio (Cd)	<0,125	<0,125	<0,125
	Cinc (Zn)	421,0	15,25	18,25
	Cromo total (Cr)	1,7	2,2	2,5
	Plomo (Pb)	7,7	2,5	2,5
Hidrocarburos alifáticos (µg g <sup>-1</sup> )		<1 (*)	<1 (*)	<1 (*)
Hidrocarburos aromáticos (µg g <sup>-1</sup> )	Benceno	<0,003	<0,003	<0,003
	Tolueno	<0,01	<0,01	<0,01
	Etilbenceno	<0,01	<0,01	<0,01
	p- y m-Xileno	<0,03	<0,03	<0,03
	o-Xileno	<0,03	<0,03	<0,03
	Xilenos totales	<0,03	<0,03	<0,03

(\*) Este mismo valor corresponde a los siguientes hidrocarburos alifáticos: n-octano, n-nonano, n-decano, n-undecano, n-dodecano, n-tridecano, n-pentadecano, n-hexadecano, n-heptadecano, pristano, n-octadecano, pitano, n-nonadecano, n-eicosano, n-heneicosano, n-docosano, n-tricosano y n-tetradecano.

## REFERENCIAS

Abete, L.A. y Sánchez, M. 1970. Relación entre las constantes de Atterberg y su estimación rápida mediante el ensayo de expansión libre. Memorias Primera Reunión Argentina de Mecánica de Suelo e Ingeniería de Fundaciones. LEMIT y Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos. La Plata. 241-250.

Cabral, M.G. 2005. La cartografía geomorfológica, y sus derivados, como herramienta para el ordenamiento territorial. Partido de General Madariaga, Provincia de Buenos Aires. Actas III Seminario Internacional La Interdisciplina en el Ordenamiento Territorial. Mendoza, 20-24 de septiembre de 2005. En CD.

Dangavs, N.V. 1988. Geología, sedimentología y limnología del Complejo Lagunar Salada Grande. Partidos de General Madariaga y General Lavalle, provincia de Buenos Aires. Plan "Estudio de los Recursos Acuáticos Superficiales de la Pampa Deprimida". Dirección de Recursos Naturales y Ecología. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. 143 pág. y anexos.

IUSS Working Group WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera Actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. Traducción al castellano por M.S. Pazos. FAO, Roma (Versión electrónica).

Klingebiel, A.A. y Montgomery, P.A. 1961. Land capability classification. Soil Conservation Service, U.N. Department of Agriculture. Agr. Handbook No. 210. Washington, D.C.

Landon, J.R. 1984. Tropical soil manual. Booker Agriculture. International Limited.

Munsell Color. 1975, Munsell soil color charts. Macbeth Division, Kollmorgen Corporation. Baltimore. USA.

NSSC. 2000. Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos. National Soil Survey Center, USDA. Traducción del "Field book for descripción and sampling soils". 1998. Instituto de Suelos, INTA.

Soil Survey Staff. 2007. Claves para la Taxonomía de Suelos. Traducción de la 10a. edición en inglés, 2006. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (Montecillos, México). Departamento de Agricultura de los EE.UU. 331 pág.

Teruggi, M.E. 1959. Las arenas de la costa atlántica de la provincia de Buenos Aires, entre cabo San Antonio y Bahía Blanca. LEMIT. Serie II, 77. 37 pág.

Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review. XXXVIII No. 1: 55-94

Tricart, J.L.F. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Colección Científica XII. INTA, Buenos Aires. 202 pág.

Violante, R.A., Parker, G. y Cavallotto, J.L. 2001, Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56 (1): 51-66.