



Naturalis

Repositorio Institucional
<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Principales variables que inciden en el movimiento del agua en el suelo de la Llanura Costera del Río de la Plata. Partido de Ensenada

Scarponi, Georgina

Licenciado en Geología

Dirección: Hurtado, Martín

Co-dirección: Silva, Mario da

Facultad de Ciencias Naturales y Museo
2019

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20190828001692>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

TRABAJO FINAL DE LA LICENCIATURA EN GEOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



**Principales variables que inciden en el
movimiento del agua en el suelo de la
Llanura Costera del Río de la Plata.**

Partido de Ensenada

Georgina Scarponi

Director: Martín Hurtado

Co-director: Mario da Silva

La Plata, febrero 2019

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de conocer las principales variables que inciden en el movimiento del agua en el suelo de un sector de la Planicie Costera del Río de la Plata, en el partido de Ensenada. Para ello se analizó la variación espacial y temporal de distintos parámetros físico-químicos del suelo y del agua, a lo largo de una transecta suroeste-noreste, perpendicular a la costa del río, en dos estaciones climáticas del año bien diferenciadas. Se monitoreó la variación del nivel freático en diez pozos ubicados sobre la misma transecta y se complementó esta información con datos de precipitaciones del año 2018.

Se observó que la variable topográfica tiene gran influencia en la relación agua-suelo, ya que las bajas pendientes hacen que el agua precipitada se acumule en superficie durante un tiempo prolongado; lo que otorga al suelo rasgos propios del proceso de hidromorfismo y lo caracteriza con un régimen de humedad de suelo de tipo ácuico. Esto se ve magnificado en el período invernal debido a la baja temperatura y la radiación solar, las cuales limitan la evapotranspiración, una de las principales formas de evacuar el agua en la zona.

El suelo posee muy baja permeabilidad como consecuencia del alto contenido de arcillas; sin embargo, el predominio de las de tipo expansivo, permite una rápida infiltración a través de grietas (flujo preferencial) en la época estival.

El desplazamiento del oxígeno del suelo debido a la continua saturación de agua permite la preservación de la materia orgánica en horizontes de suelo superficiales (Oi), muy comunes en la zona. Estos horizontes son capaces de acumular gran cantidad de agua dada su alta porosidad, y son muy deformables.

El porcentaje de humedad del suelo se correlaciona comúnmente con el contenido de sales del agua subterránea; los valores de conductividad eléctrica en el período de mayor humedad suelen ser aproximadamente la mitad del valor obtenido en el período más seco.

Se pudo observar que las grietas influyen significativamente en la recarga del acuífero freático, y que esta relación se ve mejor representada en la zona más alejada al Río de la Plata.

ABSTRACT

This work was made to know the main variables that affect water movement in soils of a sector of the Coastal Plain of the Río de la Plata, in the County of Ensenada. Spatial and temporal variations of different physical-chemical parameters of soil and water was analyzed through a southwest-northeast transect, perpendicular to the coast, in two well distinct seasons. Water table variations were monitored in ten freaticimeters located on the same transect, and this information was complemented with precipitation data for the year 2018.

It was observed that topographic variable has a great influence on water-soil relation, because lower slopes makes that rainfall water accumulates on surface for an extended period, giving to soil hydromorphic features, characterizing its moisture regime as aquic. This influence is magnified in winter due to lower temperatures and sun radiation, which limits evapotranspiration, one of the main mechanisms of water evacuation in the zone.

Soil has very low permeability as a consequence of the high content of clays; however, the predominance of expansive clays, allows rapid infiltration through cracks (preferential flow) in the summer season.

The displacement of oxygen of soil due to the continuous water saturation, allows the preservation of organic matter in soil superficial horizons (Oi), the latter, very common in the area. This horizons can accumulate a large amount of water due its high porosity, and they are very deformable.

Soil moisture percentage correlates with the salt content of groundwater; in the period of highest soil moisture, the electrical conductivity values are usually about half the value obtained in the driest period.

It was observed that cracks significantly influence the recharge of the phreatic aquifer, and that this relation is best represented in the area furthest from the Río de la Plata.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
2. METODOLOGÍA	4
3. ÁREA DE ESTUDIO	7
3.1. Ubicación geográfica y vías de comunicación	7
3.2. Fisiografía	9
3.3. Flora y Fauna	10
3.4. Clima	11
3.5. Hidrología	12
3.6. Geomorfología y Estratigrafía	15
3.6.1. <i>Llanura Costera</i>	16
3.7. Suelos	18
3.7.1. <i>Régimen de humedad</i>	19
3.7.2. <i>Uso actual del suelo</i>	20
4. RESULTADOS	21
4.1. Análisis de datos climáticos	21
4.2. Rasgos hidrológicos	23
4.3. Vegetación	27
4.4. Análisis de suelos	28
4.4.1. <i>Procesos pedogenéticos actuantes</i>	35
4.5. Análisis de aguas	39
5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	42
6. AGRADECIMIENTOS	48
7. BIBLIOGRAFÍA	49
8. ANEXOS	56
I. Descripciones morfológicas y analíticas	56
II. Perfiles longitudinales	75

1. INTRODUCCIÓN

La zona de trabajo se ubica en la denominada Llanura Costera (Cavallotto, 1995) dentro del ámbito del Partido de Ensenada. Otros autores también se han referido a esta unidad como Llanura Baja (Cappannini y Domínguez, 1961) o Planicie Costera (Fidalgo y Martínez, 1983). Esta zona es una de las tres Llanuras Costeras identificadas en la Provincia de Buenos Aires, junto a la de Ajó y Mar Chiquita (Violante et al., 2001).

La superficie natural del Partido de Ensenada está conformada principalmente por materiales depositados en ambientes estuárico-marinos, parcialmente recubiertos por sedimentos de origen continental. Esto genera condiciones naturales sumamente difíciles de interpretar, como la génesis de los suelos que sobre ellos se desarrollan, y su relación con el agua, tanto freática como superficial. La topografía, caracterizada por muy bajas pendientes, y la presencia de materiales finos en superficie generan en conjunto, una muy baja velocidad de infiltración y percolación, haciendo que las aguas permanezcan anegando la región gran parte del año. Bajo estas condiciones existe un predominio de los movimientos verticales del agua (infiltración-*evapotranspiración*) sobre los movimientos horizontales (*escurrimientos*), existiendo además una estrecha interrelación entre las aguas superficiales y subterráneas (Sala et al., 1983), y entre éstas y el suelo, evidenciada por las abundantes manifestaciones morfológicas de saturación (*rasgos redoximórficos*). Bajo estas condiciones, el sistema fluvial de la zona continental que posee muy bajos caudales, al llegar a la Llanura Costera carece de energía suficiente para labrar sus cauces, siendo necesaria su canalización, conectándolos con el Río de la Plata. Una excepción en la región, lo constituye el Arroyo Pescado, a 25 km al Sureste de la zona de estudio, en el partido de Berisso, que dado la magnitud de la cuenca, llega a volcar sus aguas en el mencionado río. A esta problemática se suma la incidencia de las sudestadas que producen ascensos en el nivel del Río de la Plata ocasionando un incremento del nivel de base de las cuencas y aporte de agua en las zonas bajas.

Dentro de la Llanura Costera, la elección del área de estudio dentro del Partido de Ensenada se realizó por presentar baja modificación antrópica, dada las complejas condiciones naturales que limitan un importante número de actividades humanas. Éstas características también influyeron en el desarrollo de las tareas de campo llevadas a cabo.

El presente trabajo se enmarcó en el Proyecto de Investigación Orientado (PIO) a Resolver Emergencias Regionales Especialmente Hídricas (convenio UNLP-

CONICET), a través de una Beca Estímulo a las Vocaciones Científicas otorgada por el CIN. Las principales tareas se llevaron a cabo en el Instituto de Geomorfología y Suelos (IGS) de la FCNyM. El equipo de trabajo de dicho instituto participó en este proyecto, en el aporte del conocimiento del medio físico natural y antropizado, a través del subproyecto "Las Inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada, Análisis de Riesgo y Estrategias de Intervención. Hacia la Construcción de un Observatorio Ambiental".

Para el subproyecto antedicho, en los Partidos de La Plata y Berisso, se actualizó la cartografía temática preexistente (topográfica, geomorfológica, hidrológica, mapas básicos de suelos, de capacidad de usos del suelo, uso actual de la tierra, y mapas de riesgo hídrico), encontrándose en plena tarea de elaboración el Partido de Ensenada.

El IGS viene desarrollando desde el año 1990 estudios que aportan al conocimiento del medio físico, sea natural o antropizado, aplicados al Planeamiento Ambiental y el Ordenamiento Territorial, en diferentes sectores de la Provincia de Buenos Aires (Hurtado et al., 2006a; Cabral et al., 2005; Giménez y Hurtado, 2012; Hurtado, 2015).

Como aporte al proyecto y observatorio, se suma el presente trabajo, el cual consiste en identificar y caracterizar distintos ambientes geomorfológicos desarrollados en un sector del partido de Ensenada, desde la Autopista Buenos Aires-La Plata, hasta la costa del Río de la Plata, vinculándolos con las características edáficas, de drenaje y el clima.

1.1. Objetivos

El objetivo general del trabajo es establecer las principales variables que inciden en el movimiento del agua en el perfil del suelo hasta la zona saturada, en un sector de la Llanura Costera del Río de la Plata.

Se plantea como hipótesis, que los factores principales que incidirían en el movimiento del agua en el suelo serían las propiedades físicas de los materiales originarios, la topografía y el clima.

El objetivo se pensó alcanzar a través de la confección de una sucesión de calicatas y pozos freaticos nivelados, siguiendo una transecta SO-NE, desde el límite con la Llanura Alta (Cavallotto, 1995), a la altura de Villa Elisa; hasta la costa actual del Río de la Plata, en la localidad de Punta Lara. Se vincularán en el perfil las principales características geomorfológicas con los suelos desarrollados, y, además,

se relacionarán los valores obtenidos de nivel freático con la precipitación ocurrida para el mismo período de tiempo y el resultado de infiltración según el método de los anillos concéntricos.

Algunos análisis planteados en la siguiente sección, si bien están relativamente relacionados con el objetivo del trabajo, además aportarán información de interés para la zona. También se obtendrán datos necesarios para una correcta y confiable clasificación de usos del suelo, de utilidad para la planificación territorial, junto a algunos datos referentes a la calidad del agua freática de la cual se abastecen los escasos pobladores para algunas de sus actividades cotidianas.

2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el trabajo presentó tres instancias principales: gabinete, campo y laboratorio, las cuales se complementaron a los fines de obtener los resultados deseados.

Las tareas de gabinete comprendieron el análisis bibliográfico (geología, geomorfología, suelos) y la cartografía preexistente. Se realizaron tareas de fotointerpretación de fotogramas y recopilación de datos climatológicos, junto a la elaboración de balances hídricos por el método Thornthwaite (1948). Para esto último, se trabajó con la Estación Meteorológica Automática La Plata Observatorio. También se llevó a cabo la planificación y trazado de la transecta de estudio.

Las actividades de campo consistieron en la observación, descripción e identificación de los ambientes geomorfológicos de la zona, rasgos topográficos, ubicación del nivel freático, vegetación y otros factores que influyen en el desarrollo de los suelos e intervienen en su relación con el agua. Se hicieron calicatas en lugares representativos a lo largo de la transecta, donde se describieron los horizontes de los distintos perfiles de suelos, consignando secuencia, espesor, color, textura, estructura, rasgos redoximórficos, presencia de carbonatos, evidencias de degradación, etc. Las descripciones y clasificaciones se efectuaron de acuerdo con las Normas de Reconocimiento de Suelos vigentes en el país (Etchevehere, 1976; Soil Survey Staff, 1996; Soil Survey Staff, 2014). Se tomaron muestras de diferentes horizontes para estudios de laboratorio.

Se realizaron 10 pozos freáticos, en concordancia con algunas calicatas, con su correspondiente georreferenciación y nivelación de la boca de dichos pozos a partir de puntos con cotas conocidas. El levantamiento se realizó con nivel óptico (marca Wiseman) y mira estadimétrica. Se tomaron medidas de profundidad de nivel freático con sonda electrónica (marca "Hidrosuprimentos" graduada al milímetro con nivel sonoro y señal lumínica). Los datos freáticos (hasta dos datos/semana/pozo en los primeros meses) fueron contrastados con registros pluviométricos y con el contenido de humedad superficial relativa, observada en imágenes satelitales Sentinel 2 (de descarga libre), muy especialmente para los periodos climáticos extremos.

Los freáticos fueron numerados de 1 al 10 y se realizaron con barrenos manuales de tipo balde y helicoidal de 2" y 4", hasta los 3 metros de profundidad en promedio, con variaciones según las características del suelo. Se utilizaron caños de PVC con ranuras horizontales a 180° a modo de filtro, distanciadas 2,5 cm aproximadamente; dejando entre 20 y 25 cm sin ranurar en la base para que actúe

como trampa de sedimento. Algunos pozos se tuvieron que rehacer por encontrarse dañados debido a causas ajenas a este trabajo, lo que implicó más tiempo e insumos de lo previsto. Se midió conductividad eléctrica en el agua freática *in situ* y se extrajeron muestras de agua con un bailer de 1,3 cm de diámetro, de polietileno con válvula de cierre, para períodos climáticos considerados extremos con el objetivo de profundizar en su estudio.

Se realizaron ensayos de infiltración en diferentes horizontes del suelo, por el método de los anillos concéntricos, a carga constante. Se procuró trabajar en una época del año en la que el suelo estuviese con un grado de humedad óptimo, para conocer la permeabilidad primaria del mismo y no considerar el flujo preferencial que se da a través de grietas.

Las determinaciones físicas y químicas de laboratorio sobre muestras de suelo se realizaron de acuerdo a los siguientes métodos:

- pH: método potenciométrico, sobre pasta de suelo saturado.
- Resistencia eléctrica: en copa Standard, sobre pasta de suelo saturado.
- Conductividad eléctrica específica: en extracto de pasta de suelo saturada, cuando la resistencia eléctrica marque valores menores a 300 ohms.
- Carbono orgánico: método de Walkley-Black (Los valores de materia orgánica se obtuvieron multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724).
- Análisis granulométrico: métodos de Robinson (pipeta) y Tamizado.
- Densidad aparente: método del cilindro (muestras sin disturbar, tomada en campo).
- Expansión libre (Abete y Sánchez, 1970): por diferencia de volumen entre una muestra de suelo seco y una muestra de suelo saturado en agua.
- Capacidad de campo y punto de marchites permanente: por membrana de Richards, a 0,3 y 15 atmósferas respectivamente.

También en esta instancia se efectuaron medidas de pH (pH-metro WTW) y contenido de cationes y aniones en las muestras de agua extraídas (titulación, fotometría de llama y turbidimetría) (APHA, 1998), y se corroboraron las medidas de conductividad eléctrica tomadas en campo, con conductivímetro SPER SCIENTIFIC. Estos datos de laboratorio permitirán no solo valorar la calidad del agua freática, si no también relacionar la posible variación ante las condiciones climáticas extremas.

Los análisis listados fueron realizados en los Laboratorios de Química y Física del Instituto de Geomorfología y Suelos, con excepción del contenido de iones solubles que fue realizado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

En el análisis de textura mediante el método de pipeteo, teniendo en cuenta la Ley de Stokes, se muestrearon arcillas para realizar difracción de Rayos X en el laboratorio del Centro de Investigaciones Geológicas (FCNyM). Esta determinación resulta de importancia para identificar la mineralogía de arcillas que inciden en las propiedades físicas y química de los suelos. El porcentaje de cada variedad argílica se obtuvo trazando una línea de base en el difractograma, calculando las áreas delimitadas para cada pico característico y multiplicando cada valor por un factor de corrección (en el caso de la Illita ese factor es 4; para la Caolinita es 2; y para la Esmectita es 1).

Las tareas mencionadas y la integración de los resultados morfológicos y analíticos tenderán a caracterizar la relación que existe entre el suelo y el agua en la zona de interés, y permitirán conocer su comportamiento a lo largo de un perfil longitudinal, vinculando la información con la geomorfología, drenaje y clima.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación geográfica y vías de comunicación

El área de estudio se encuentra ubicada en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires, en el partido de Ensenada, sobre el margen sur del Río de la Plata. Abarca una franja Noreste-Sudoeste, aproximadamente perpendicular a la actual línea de costa, de unos 7 km de longitud, con un ancho variable entre 1 y 3 km y se extiende entre las localidades de Villa Elisa (La Plata) por el Oeste, y Punta Lara (Ensenada) por el Este (Figura 3.1.1).

Se puede acceder a la zona, mediante una bajada, desde la Autopista Buenos Aires-La Plata (RN 1), a la altura de Villa Elisa, es decir desde el extremo Sudoeste del área en cuestión, o a través de la Avenida Domingo Mercante (RP 11, continuación de Diagonal 74), o el Camino Costanero Almirante Brown, y la Calle 9, en la localidad de Punta Lara, es decir, desde el extremo Noreste, con más fácil acceso. Posteriormente se sigue un camino vecinal con huellas alledañas temporarias (Figura 3.1.1). Solidario a gran parte del camino empleado para recorrer la transecta, corre el Canal del Arroyo Miguelín, en el cual se observó la variación del nivel agua y su relación con las mareas.

Se encuentra rodeada por diversos paisajes naturales reconocidos, como la Reserva Natural de Punta Lara (cerca de 3 km de distancia), la Reserva de la Biosfera Pereyra (menos de 5 km), y el Paisaje Protegido de Isla Santiago (menos de 9 km).

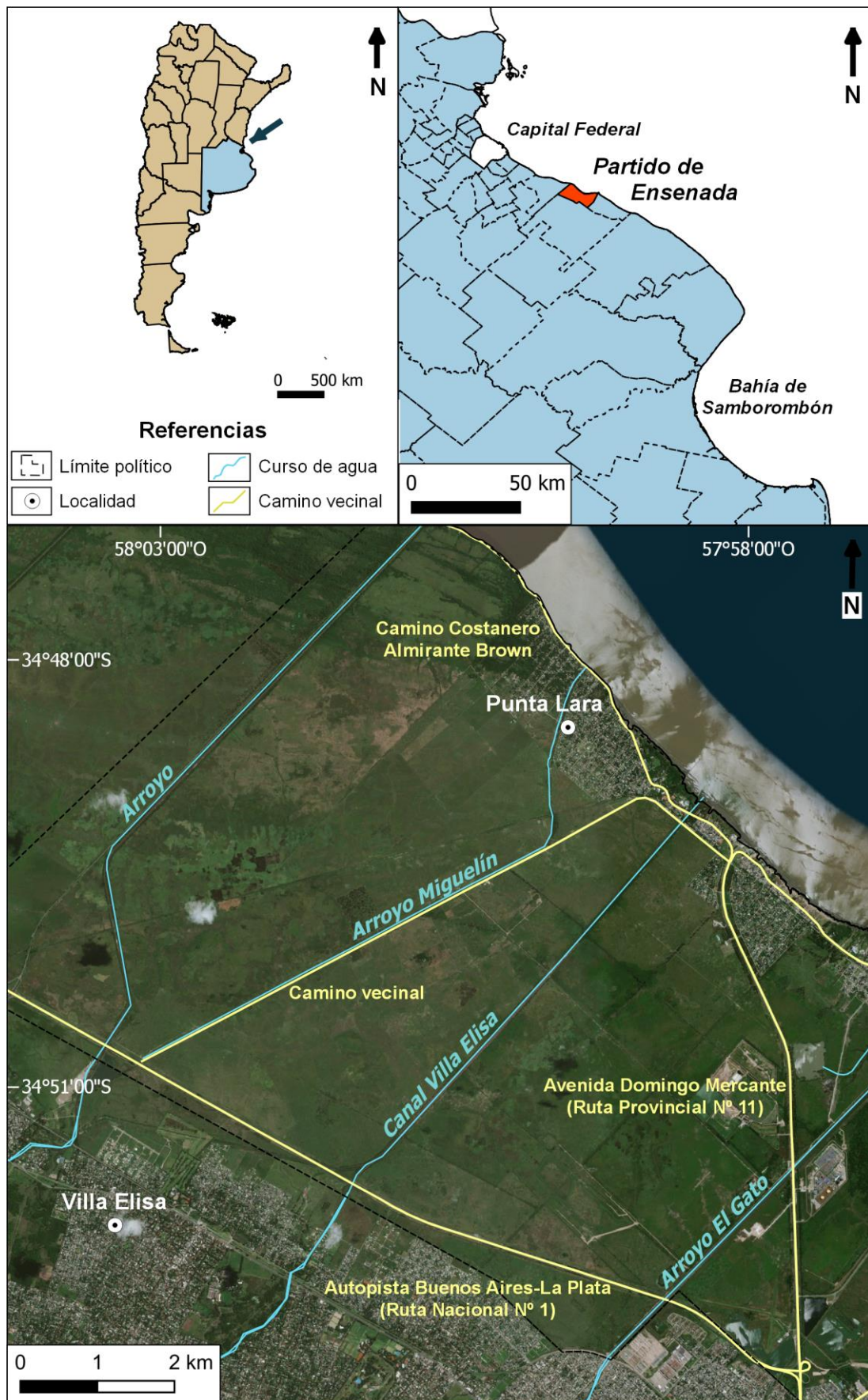


Figura 3.1.1. Ubicación del área de estudio, accesos y cursos de agua superficiales.

3.2. Fisiografía

La zona de trabajo está comprendida en la denominada Llanura Costera, caracterizada por poseer un relieve ligeramente cóncavo a plano cóncavo, con gradientes topográficos de 0,5 m/km (Calahorra Fuertes *et al.*, 2005) y pendientes en los cauces de los arroyos entre 0,3 y 1 m/km (CFI, 1972). Las cotas son, en general, inferiores a los 5 msnm. Se destaca la presencia de bañados que dan lugar a la formación de un ambiente mal drenado, con vías de escurrimiento poco definidas y un drenaje principalmente anárquico o hasta centrípeto en las zonas bajas. Existen pequeñas pero numerosas canalizaciones antiguas.

La Llanura Costera está separada de la costa por una suave lomada alargada que constituye el Albardón Costero o Llanura Aluvional (Figura 3.2.1).

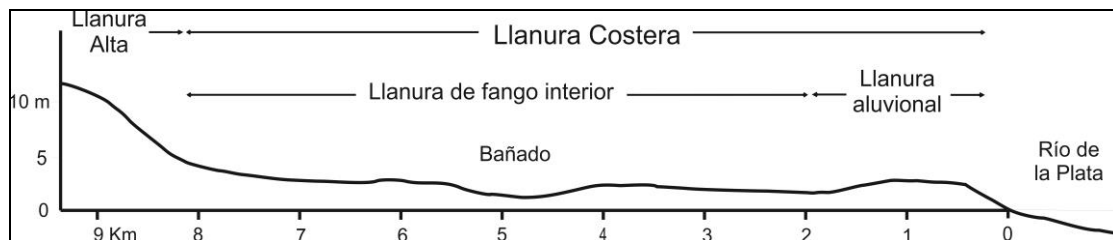


Figura 3.2.1. Perfil topográfico y geomorfológico, modificado de Giménez y Hurtado (2012).

En la zona de estudio, el nivel freático se encuentra a muy escasa profundidad (generalmente a menos de 2 m), aflorando por períodos prolongados y constituye un ámbito de descarga parcial del sistema subterráneo (Martínez *et al.*, 2001). El conjunto de condiciones antes citada limita en forma significativa el flujo superficial. Debido a ello, la red de drenaje de la mayoría de los cursos que provienen del área continental pierde energía, habiendo sido necesario el trazado de canalizaciones rectilíneas para mejorar las condiciones de flujo.

El límite interior pone en contacto ésta región con la Llanura Alta (Figura 3.2.1) a través de un quiebre brusco de la pendiente, denominado "Paleoacantilado", coincidente con las cotas de 5 a 7,5 msnm. La unidad Llanura Alta presenta un relieve suavemente ondulado, caracterizada por sedimentos eólicos (loess), parcialmente retrabajados por el agua.

La aptitud edáfica en la Llanura Costera para el asentamiento humano es baja, por lo que ha sido utilizado tradicionalmente para el desarrollo de actividades primarias de tipo extensiva, en particular, la producción ganadera de baja carga animal; en contraste con la vecina Llanura Alta, cuyos suelos presentan mayor desarrollo y mejor disposición tanto para el asentamiento como para la explotación agrícola.

3.3. Flora y fauna

Con “Biodiversidad” nos referimos comúnmente a la variedad de los organismos vivos sobre la tierra; esto también debe incluir los ecosistemas terrestres y acuáticos de los que forman parte (Andelman y García Fernández, 2000). La importancia de su conocimiento, protección y uso sostenible radica en que constituyen verdaderos depuradores naturales del aire, agua y suelo, descomponen residuos, regulan la temperatura y el ciclo de los nutrientes, además de brindarnos alimentos, materiales y materia prima.

Los humedales son áreas que presentan agua en superficie o subsuperficie, ya sea por ingreso desde el mar, por ascenso de nivel freático o acumulación de agua a partir de otras fuentes debido a la baja permeabilidad de los materiales del sustrato. La Convención Internacional Ramsar los define como “*Extensiones de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad de marea baja no exceda de seis metros*” (Ramsar, Irán, 1971). En particular, éstas zonas participan en el control de inundaciones, recarga de agua subterránea, protección contra tormentas, retención de sedimentos y nutrientes, y constituyen un gran reservorio de biodiversidad.

Los humedales dan sustento a grandes concentraciones de biodiversidad silvestre y constituyen hábitats críticos para muchas especies amenazadas. En la región capital poseemos los Montes Ribereños ubicados en el Delta del Río Santiago (Berisso-Ensenada), con sus arroyos; la Selva Marginal Punta Lara, ubicada entre Ensenada y Berazategui; la Laguna Los Patos (Punta Lara); los bañados (Berisso-Ensenada); el Parque Ecológico Municipal de La Plata; sectores del Arroyo el Pescado (La Plata-Berisso), y el frente costero (Punta Lara-Berisso).

El crecimiento demográfico de la región, junto al avance socioeconómico e industrial, requieren un aumento en el consumo de recursos naturales, lo que conlleva a considerar el ordenamiento territorial como de carácter urgente (Liotta, 1999). El continuo e intenso uso de los recursos, especialmente hídrico, puede llevar a la modificación y al detrimento de estos ecosistemas. Adicionalmente, la fragmentación de las cuencas por diversas obras civiles, como por ejemplo el entubamiento, dragado inadecuado, construcción de obras civiles, entre otros, aniquila los humedales y transforma los cursos en meros conductos, destruyendo el ecosistema y sus funciones (Hernández, 2003; Dangavs, 2005).

3.4. Clima

El clima es relativamente homogéneo con características templado-húmedo. De acuerdo al balance hídrico mensual elaborado por el método de Thornthwaite (1948) le corresponde a la zona el clima B1 B'2 r a' (húmedo, mesotérmico, con nula o pequeña deficiencia de agua y baja concentración térmica estival).

Para la caracterización de las variables climáticas se emplearon los registros de la Estación Meteorológica La Plata-Observatorio Astronómico, ubicada en los 34° 54' 24" de latitud sur y 57° 55' 56" de longitud oeste a una cota de 15 msnm, a una distancia del área de estudio de aproximadamente 11 km. En los balances hídricos mensuales del periodo 1909-2005 se registran entre los meses de Diciembre y Febrero, déficits, mientras que, entre Abril y Noviembre, hay excesos (Hurtado *et al.*, 2006b).

La precipitación anual en la región ha sufrido un lento pero continuo incremento en el último siglo, especialmente a partir de 1970 (Figura 3.4.1). Esta variabilidad se manifiesta en un aumento tanto en la magnitud como en la frecuencia de ocurrencia de los máximos anuales de precipitación diaria (UNLP, 2017), debido principalmente al efecto del calentamiento atmosférico global.

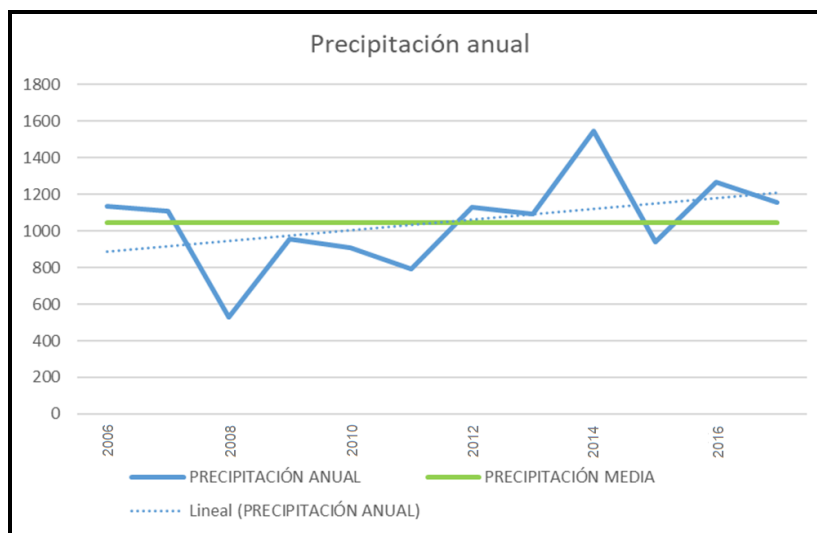


Figura 3.4.1. Precipitación anual y media, y tendencia lineal creciente.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), manifiesta que la temperatura se ha incrementado en todo el mundo y que las principales modificaciones en cuanto a las precipitaciones a nivel global evidencian un incremento para nuestra región. A nivel local, las variaciones en las temperaturas, en las

precipitaciones o en la posición del nivel medio del mar pueden tener efectos directos sobre las condiciones hidrológicas, la dinámica costera, los ecosistemas y las actividades antrópicas.

El nivel del agua del Río de la Plata es sensible a las características del **viento**. En la zona se registra la influencia de los vientos fuertes y fríos del sureste, que arrastran la humedad polar, por lo cual se ven frecuentemente acompañados de lluvias persistentes, débiles a moderadas. Su frecuencia se incrementa entre abril y diciembre, siendo más intensos entre julio y octubre. Estos vientos se deben a la acción de dos sistemas: uno de alta presión ubicado sobre el Océano Atlántico, frente a las costas de la Patagonia central, y otro de baja presión localizado en el sur del litoral y Uruguay. Este fenómeno es lo que comúnmente se denomina *sudestada*. Interfieren en el normal desagüe del Río de la Plata y tienen influencia directa en el drenaje de cuencas menores, en el incremento de agua en las zonas bajas (impidiendo su evacuación y aumentando el área anegable), en los ascensos del nivel freático y en la mezcla de aguas dulces y saladas en el estuario del Río de la Plata. En promedio, suceden seis eventos de sudestada al año, principalmente sin mayores riesgos. No obstante, originan inundaciones en las zonas ribereñas que llegan a producir daños en el camino y murallón costero.

En la localidad de Punta Lara, casi el 50% del territorio ha sido afectado por los mayores registros de sudestadas que se han dado en las décadas del 80 y 90. El 80% de los eventos de sudestada tiene una duración menor o igual a 60 horas; y sólo el 8% de cerca de 300 sudestadas que ocurrieron entre 1951 y 2000 superaron los 3,2 m (nivel de evacuación) respecto a la cota del Ministerio de Obras Públicas, es decir, una vez cada dos años aproximadamente. En esta zona la situación se considera en estado de emergencia cuando el nivel del río llega alrededor de 2,80 m MOP. La máxima altura fue registrada en abril de 1940 con una altura de 4,44 m MOP.

Las menores altitudes del río se corresponden con vientos de dirección N-S.

3.5. Hidrología

El sistema hidrológico a largo plazo (régimen permanente) tiende a igualar los ingresos con los egresos de agua al medio físico, a través de la ecuación de continuidad y la fórmula general del balance hidrológico. Los ingresos están representados principalmente por las precipitaciones, y los egresos, por el

escurrimiento superficial y subterráneo, la infiltración y la evapotranspiración.

Cabe mencionar que la zona de estudio también recibe aporte de agua desde el Río de la Plata, aunque no es continuo y homogéneo y su medición tiene mayores complicaciones. El Río de la Plata tiene un régimen astronómico micromareal (Cavallotto y Violante, 2005), con desigualdades diurnas. La onda de marea se propaga de sur a norte con amplitudes que aumentan hacia la costa y disminuyen hacia el Río de la Plata Interior (Kruse *et al.* 2011).

Las características del **escurrimiento superficial** pueden observarse claramente en el mapa tomado de UNLP (2017) (Figura 3.5.1), con cuencas que drenan hacia el Río de la Plata bien delimitadas en la Llanura Alta (Partido de La Plata), que pierden consistencia al llegar a la Llanura Costera (Partidos de Ensenada y Berisso), desparramando sus aguas y acumulándose en superficie.

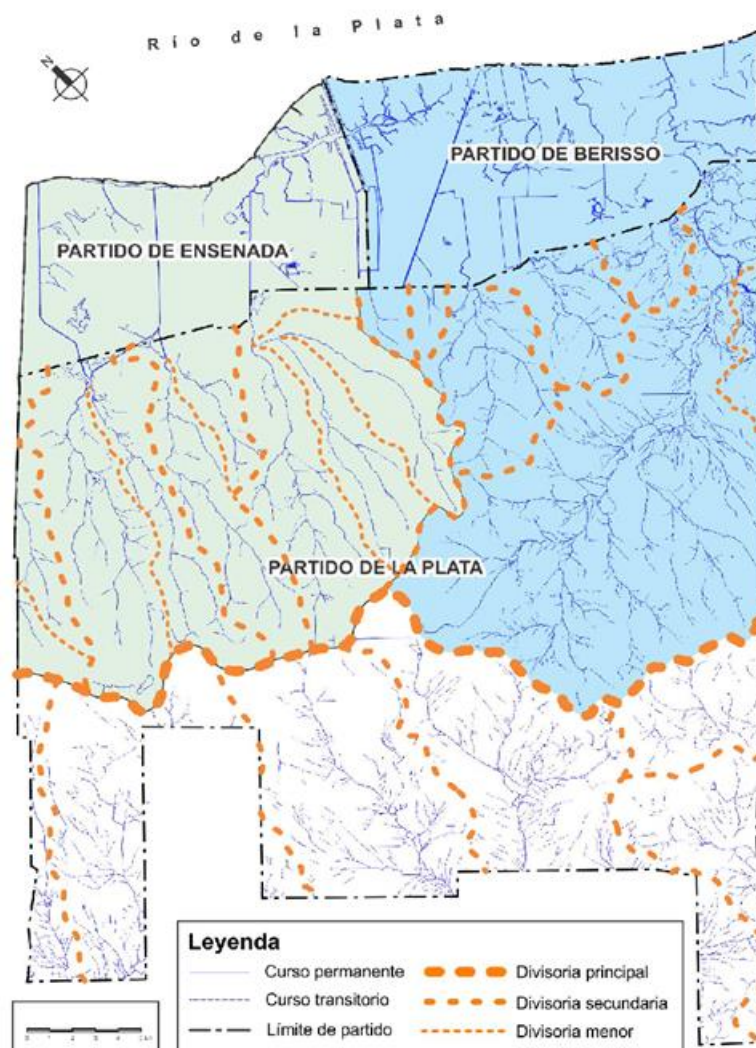


Figura 3.5.1. Cuencas que drenan hacia el Río de la Plata, tomado de UNLP (2017).

La cuantificación del escurrimiento ha sido estimada para la región capital de la provincia por Delgado *et al.* (2014), quienes incorporan en la simulación datos de precipitación total, textura del suelo y cambios en el uso del suelo, aportados por estaciones meteorológicas del Aeródromo de La Plata y del Observatorio de La Plata y por Hurtado *et al.* (2006b), empleando diferentes metodologías y aplicaciones para obtener datos proyectados al 2050. Los resultados indican un incremento en la ocupación de rangos mayores de escurrimiento a lo largo del tiempo y la adición de nuevos rangos de mayor escurrimiento medio anual, principalmente en las zonas más urbanizadas. La variación del uso del suelo observada y estimada incidió directamente sobre el escurrimiento, con el consecuente cambio en la cantidad de agua infiltrada. La instalación de invernáculos y la ampliación e intensificación del proceso de urbanización serían las principales causas del aumento del escurrimiento superficial.

El gradiente hídrico regional del **flujo subterráneo** es del orden de 10^{-6} (Carol y Kruse, 2014). Si bien el escurrimiento regional es hacia el Río de la Plata, existen escurrimientos locales convergentes hacia las partes bajas representadas por los Bañados de Ensenada, mientras que el escurrimiento tiende regionalmente hacia el Río de la Plata. Esto determina zonas de recarga local y de descarga parcial, con fuertes variaciones químicas areales (Calahorra Fuertes *et al.*, 2005).

Conforme a resultados anteriores de otros sectores del Partido de Ensenada, la velocidad, tanto de **infiltración** como de **percolación**, es muy baja, estando en el orden de 10^{-6} - 10^{-7} cm/seg. Pese al mínimo gradiente hidráulico regional (menor a 1 m/km) y la lenta permeabilidad (0,1 m/día), el flujo subterráneo es permanente en espacio y tiempo (Ainchil y Kruse, 2002). La infiltración es normalmente medida con infiltrómetros de anillo, de disco y simuladores de lluvia, cuyas características funcionales las abordaron recientemente Eiza y Carfagno (2018).

Existen métodos de medición directa de **evapotranspiración**, aunque es más común su determinación a través de fórmulas, o una aproximación a partir de la obtención de la evaporación. Es común obtener un valor de evapotranspiración superior al 50% de las precipitaciones anuales.

La **evaporación**, de gran importancia en la Llanura Costera, fue estimada mediante análisis de isótopos estables de la molécula de agua, por Carol y Kruse (2014). Según estos autores, los procesos de evaporación dominan en los períodos de déficit hídricos, mientras que en los de excesos prevalece la infiltración y acumulación de agua en superficie.

Si bien es importante conocer el comportamiento de cada factor en el sistema hidrológico, normalmente se resuelve el balance hídrico directamente a partir de variables climáticas, como las temperaturas y las precipitaciones.

De acuerdo al comportamiento hidrogeológico, los depósitos Postpampeanos (Pleistoceno superior-Holoceno) se caracterizan como acuitardos o acuícludos, debido a la poca capacidad para transmitir agua. El espesor varía de unos pocos centímetros en la Llanura Alta, donde se pone en contacto en superficie con los depósitos Pampeanos, hasta cerca de 20 m en la Llanura Costera.

3.6. Geomorfología y Estratigrafía

El cauce de lo que es hoy el Río de la Plata fue ocupado en su totalidad por agua marina durante el máximo del Holoceno medio, llegando hasta Rosario y Concepción del Uruguay (Iriondo, 2010). Según Parker y Violante (1992), la Secuencia Depositacional se debió a un único evento transgresivo-regresivo, que comienza con la posición más baja del nivel del mar hace unos 18/20.000 años y presenta el máximo transgresivo hace 6.000 años.

En base al registro de malacofauna se ha interpretado un ambiente de aguas salobres, con incremento de la salinidad hacia las costas uruguayas, y una temperatura de las mismas que supera a la actual, pero que no ha alcanzado la de ingresiones anteriores (Martínez y del Río, 2005).

Los depósitos Postpampeanos se agrupan principalmente en la Formación Las Escobas (Fidalgo *et al.* 1973), originalmente definida para la zona de la Bahía Samborombón y extrapolada al Partido de La Plata por Fidalgo y Martínez (1983). Fue renombrada recientemente por Fucks *et al.* (2008) como Fm. Canal de las Escobas, en la cual se incorporan cuatro miembros: Mb. Destacamento Río Salado, Mb. Canal 18, Mb. Cerro de la Gloria y Mb. Canal 15, reconocidos en la zona de la Bahía Samborombón. Las condiciones de sedimentación de esta secuencia se relacionan con la floculación de arcillas asociada a un ambiente estuárico con marcados signos de continentalización, en la finalización de su evolución (Calahorra Fuertes *et al.*, 2005.).

Las características **geomorfológicas** regionales permiten diferenciar dos unidades principales: Llanura Alta y Llanura Costera, las cuales presentan varias

unidades de orden menor, tanto de erosión como de agradación, entre las que se pueden citar:

Llanura Alta: Interfluvio convexo
Interfluvio plano
Área de pendiente
Planicie de inundación
Paleoacantilado

Llanura Costera: Llanura de Fango Interior
Llanura de Marea Interior
Llanura Aluvional
Llanura Costera de Fango
Cordón litoral
Cordón conchil
Playa
Antiguos canales de marea

Los depósitos Postpampeanos con los que se trabajó en la zona de estudio están ubicados en la Llanura Costera, sobre formas de agradación como la Llanura de Fango Interior y la Llanura Aluvional.

3.6.1. Llanura costera

Comprende a la franja costera que se extiende entre la cota de 5 msnm y el nivel del mar, aunque predominan alturas inferiores a 2,5 msnm.

Los sedimentos que conforman este ámbito mayor deben su origen a procesos desarrollados en ambientes marino y continental, aunque el modelado de las geoformas presentes se relaciona fundamentalmente con la acción marina. Integran la totalidad de la Llanura Costera penetrando hacia la Llanura Alta a través de los cursos inferiores de los valles principales (paleoestuarios o estuarios interiores, formas de erosión).

Las secuencias sedimentarias que la conforman presentan una marcada heterogeneidad textural. Se trata de arenas, limos arenosos y limos arcillosos hasta arcillas de colores castaño verdoso, verde amarillento a grisáceo, con espesores de

aproximadamente 0,80 a 1,00 metro. Presenta en ocasiones una típica estratificación de marea con alternancia de pequeñas capas arenosas y arcillosas. Se observan frecuentemente restos de valvas de moluscos fragmentadas y enteras.

Generalmente la secuencia sedimentaria remata en arcillas plásticas y adhesivas de color castaño oscuro a negro, con un espesor que varía entre 1 a 1,50 m y abundantes concreciones de óxido de hierro de forma equidimensional; donde se desarrolla el suelo actual.

El origen de esta última unidad se relaciona con condiciones de muy baja energía, de poca profundidad y con aporte de agua dulce. Los procesos de sedimentación se vinculan con la floculación de arcillas asociado al ambiente estuárico, como consecuencia de la mezcla de agua dulce-salada.

Llanura Aluvional

Se encuentra ocupando una franja paralela a la costa actual limitando al norte con la Playa actual y por el sur con la Llanura de Fango Interior. Constituye una forma de acumulación fluvial reciente, que apenas supera los 3 m de espesor. Es constantemente afectada por mareas y sudestadas del Río de la Plata, a la vez que funciona como una especie de dique cuando el agua que logró sobrepasarla está en bajante. Consta de sedimentos arenosos finos a muy finos de color castaño claro e intercalaciones de materiales más finos de color gris azulado a verdoso.

El sistema de drenaje está integrado por algunos cursos bien definidos que actúan como “canales de marea”, principalmente reconocidos al sur de la zona de estudio en fotografías aéreas. Gran parte de los sectores anegables están cubiertos por pajonales; algunos de sus bordes, mejor drenados, otorgan condiciones edáficas favorables para el desarrollo de la selva marginal, además de escasas actividades agropecuarias.

Llanura de Fango Interior

Corresponde a una geoforma ubicada en la parte distal de la Planicie Costera respecto de la línea de costa, cuyo ancho máximo se encuentra en la zona de Punta Lara, donde alcanza cerca de 8 km. Presenta un relieve plano-cóncavo, con secuencias sedimentarias de marcada heterogeneidad litológica y textural. Las cotas medias oscilan entre 1,25 y 2,50 msnm.

Particularmente, en la Llanura de Fango se encuentran pastizales hidrófilos y

halófitos con intercalaciones de áreas aún más deprimidas, donde se desarrollan bañados generalmente cubiertos con pajonales.

La mayoría de los suelos presenta pobre drenaje debido a anegamiento, inundación o altos niveles freáticos (Imbellone *et al.*, 2009).

3.7. Suelos

La zona de estudio cuenta con muy pocos relevamientos específicos de suelos. En la mayoría de los casos, los suelos del área son tratados dentro de estudios regionales de muy pequeña escala que abarcan toda la provincia de Buenos Aires o la Región Pampeana (Cappannini y Domínguez, 1961; Miaczynski y Tschapek, 1965; Bonfils, 1966; Etchevehere, 1975). El INTA (1989) elaboró un mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires en base a estudios de semidetalle en escala 1:50.000. Sin embargo, el área de estudio no ha sido incluida en el relevamiento por considerarse zonas urbanas pertenecientes al Gran Buenos Aires (“áreas misceláneas”).

Un estudio de suelos que incluye el Conurbano Bonaerense, si bien en escala pequeña (1:250.000), corresponde a Cappannini y Mauriño (1966). Y una zona cercana al poliducto, ubicada al norte del partido de La Plata, ha sido objeto de un estudio de suelos y geomorfología por Giménez, *et al.* (1992, inédito).

Los principales tipos de suelos mencionados en trabajos referidos a la Llanura de Fango Interior han sido clasificados, según el sistema 1949 como: Gley húmicos salinos y alcalinos (Cappannini y Mauriño, 1966), y, según Soil Taxonomy, como Natracualfes típicos (Etchevehere, 1975) y Natracuertes y Epiacuertes (Giménez y Hurtado, 2012). Mientras que los suelos de la Llanura Aluvional suelen mencionarse como suelos gleyzados salinos y Gley húmicos (Cappannini y Domínguez, 1961; Cappannini y Mauriño, 1966), Fluvacuertes típicos y Ustifluventes ácuicos (Etchevehere, 1975) y Fluvacuertes e Hidracuertes (Giménez y Hurtado, 2012).

Los suelos de la Llanura de Fango Interior presentan algunas características que se corresponden con el material original, con alto contenido de arcilla, predominando las de tipo expansivo, y altos niveles de sodio intercambiable, que genera fuerte reacción alcalina. La coloración gris oscura a gris verdosa en algunos sectores del suelo, indicaría una estrecha relación con períodos prolongados de presencia de agua. Están afectados por anegamientos frecuentes de origen pluvial y capa freática alta, a profundidad general entre 0,80 y 1 metro y estarían en condiciones de episaturación y endosaturación en distintos momentos del año. Poseen

variedad de rasgos redoximórficos, principalmente matrices reducidas con matiz de 2,5Y y 5Y e intensidad de 2 o menores y concentraciones redox de hierro y manganeso. Subyaciendo a los materiales originales de estos suelos, se encuentra en forma discordante, un sustrato loésico en el área cercana a la autopista, mientras que el mismo es arenoso en las cercanías al Río de la Plata.

Los suelos de la Llanura Aluvional se formaron sobre sedimentos fluviales recientes, lo que les confiere poco desarrollo, contenido de materia orgánica elevado en superficie y variable en profundidad, y numerosas discontinuidades. Los rasgos redoximórficos también son frecuentes en ésta unidad.

3.7.1. Régimen de humedad

El contenido de agua en el suelo puede variar desde la saturación hasta el estado seco, en mayor o menor medida a lo largo del año. En esta variación influyen tanto las condiciones climáticas, topográficas, de cobertura vegetal y actividad antrópica, como las características del suelo (textura, estructura, presencia de horizontes endurecidos o compactados, etc.).

Los regímenes de humedad de suelo son tórrico, xérico, ústico y údico, disminuyendo en forma progresiva la cantidad de días acumulados en un año que permanecen secos. La medición del estado de humedad *in situ* pocas veces es posible, por lo que comúnmente se deduce de forma aproximada conociendo los condicionantes ya mencionados y realizando balances hídricos.

Para los suelos que ocupan posiciones bajas en el terreno (relieve subnormal), que permanecen anegados o el nivel freático se encuentra a muy baja profundidad o aflorante, el régimen que les corresponde es el *ácuico*. En estas condiciones, se genera en el suelo un ambiente reductor, debido a la carencia virtual de oxígeno disuelto. Este régimen de humedad es local, no se determina a partir de un balance hídrico sino que se deduce a partir de la topografía, geomorfología y características del suelo, como por ejemplo la presencia de rasgos redoximórficos. Se evidencia en el campo por coloraciones verde grisáceas (*glei*) de los horizontes, y moteados y concreciones, producto de la reducción de hierro ferroso y manganeso.

3.7.2. Uso actual del suelo

Dadas las características de la Llanura Aluvional y Llanura de Fango Interior, con una morfología plano-cóncava, influenciada por las constantes crecidas del río de la Plata, niveles freáticos cercanos a la superficie gran parte del año, suelos con altos contenidos de arcilla, de muy baja permeabilidad, con elevados tenores de sodio de intercambio y sales solubles, esta zona ha tenido una baja densidad poblacional, predominando el uso ganadero extensivo, hortícola-frutícola, forestal y recreativo.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de datos climáticos

Tomando los valores medios para el período 2006-2018, la precipitación anual fue de 1045 mm; el mes más lluvioso febrero (125 mm-11,7%) y el menos lluvioso junio (41 mm-3,8%). Respecto a los valores absolutos, el año de mayor precipitación fue 2014 (1545 mm) y el menos lluvioso, 2008 (530 mm). A nivel mensual, el mayor registro fue octubre de 2007 (242 mm) y el menor, junio de 2017 (0 mm). El semestre correspondiente a la estación menos húmeda es mayo-septiembre (35% de las precipitaciones) y el correspondiente a la estación más húmeda es octubre-abril (65%).

En la región las precipitaciones se distribuyen de manera heterogénea a lo largo del año. Esto permite observar un decrecimiento de lluvias en el período invernal y un aumento en el verano. Los valores medios mensuales que superan la media anual son enero, febrero, marzo, abril y octubre, lo que constituye un diagrama bimodal. Si bien es común trabajar con valores medios que agrupan varios años, no debe perderse de vista la variabilidad que presenta la región año a año en cuanto a precipitaciones, reconociéndose comportamientos climáticos muy diversos (Figura 4.1.1).

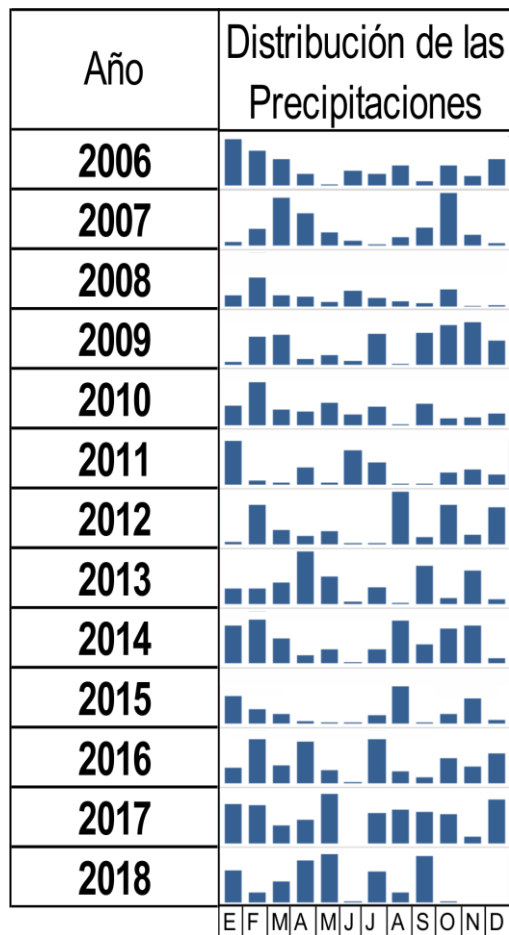


Figura 4.1.1. Precipitaciones mensuales en el período 2006-2018. Escala unificada: base de cada renglón: 0 mm; techo: 150 mm.

En cuanto a la **temperatura**, surge una media anual de 17°C, con la mayor temperatura registrada en enero (24,3 °C) y la más baja en julio, con 10,2 °C. Si bien se registran menos precipitaciones para el invierno, la radiación solar también es mínima para esa época, lo cual favorece la acumulación del agua en superficie (Figura 4.1.2).

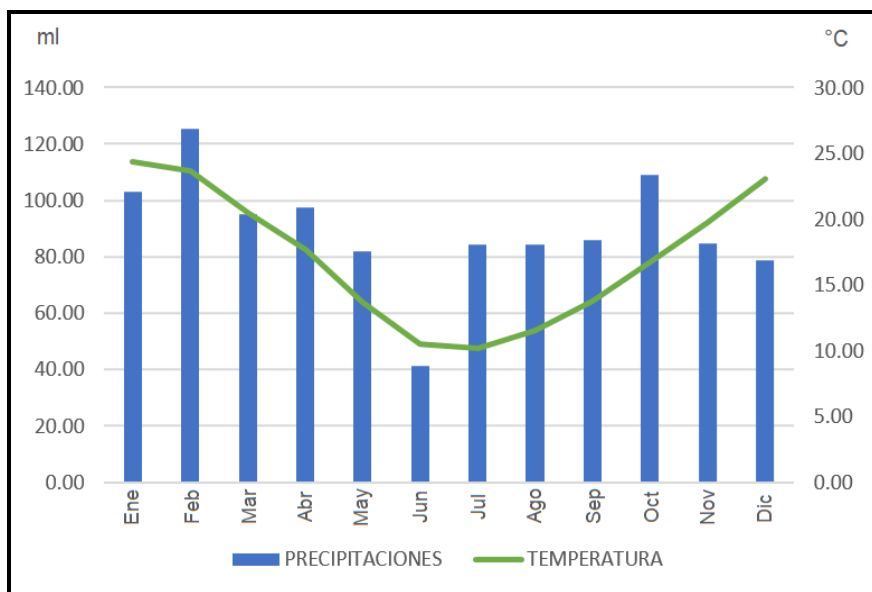


Figura 4.1.2. Medias mensuales de precipitación y temperatura. Período 2006-2018.

En el balance hídrico realizado para el período 2006-2018, dominan los meses con excesos, extendiéndose desde el mes de Febrero a Diciembre, con valores entre los 8 ml y casi 40 ml.

Mediante los cálculos empíricos de Turc y Coutagne se obtuvieron evapotranspiraciones cercanas al 65% de las precipitaciones, considerando valores medios anuales de temperatura y precipitación.

4.2. Rasgos hidrológicos

En campo se ha observado, en el verano 2017-2018, una importante sequía, manifestada en la profundización del nivel freático hasta 3 mbbp, y en la formación de grandes grietas en el suelo (Figura 4.2.1). Pese a esto, el arroyo Miguelín en las cercanías a la costa del Río de la Plata, presentó en todo momento un caudal de agua apreciable, aprovechado al máximo por los lugareños, quienes lo ampliaron y limpiaron para que el agua ingrese a sus campos y puedan consumir los animales principalmente.



Figura 4.2.1. Importantes grietas superficiales.

La pendiente regional es del 0,001% al NE, hallándose dos pozos freaticos topográficamente más bajos, separados por una suave lomada. Las pendientes al Noreste están entre 0,08% y 0,04%, mientras que las que inclinan al Sudoeste de la lomada, entre 0,09% y 0,02% aproximadamente. Pese a la escasa pendiente y el predominio de los movimientos verticales del agua, las pequeñas variaciones en la topografía permiten el movimiento lateral del agua, que generan, en algunos casos, pequeñas vías de escurrimiento (Figura 4.2.2).



Figura 4.2.2. Escurrimiento superficial encauzado.

La construcción de zanjas y canales por parte de los propietarios o de la municipalidad de Ensenada, constituye limitaciones para el normal escurrimiento, tanto superficial, como subterráneo, ya que interceptan fácilmente la capa freática, influyendo localmente en la configuración del escurrimiento.

Se tomaron muestras de agua en dos oportunidades: la primera entre febrero y marzo de 2018 y la segunda, en agosto del mismo año, momentos previo y posterior, respectivamente, al periodo de más excedentes hídricos en el suelo. Los niveles freáticos para dichas situaciones fueron bien diferenciados (Figura 4.2.3).



Figura 4.2.3. Comparación de niveles freáticos en períodos extremos. Perfil SO-NE.

Esta variación también se pudo observar en las imágenes Sentinel, tanto de humedad del suelo como en color natural (Figura 4.2.4). Cabe destacar que el verano 2017-2018 fue aún más seco que años inmediatamente anteriores. Los colores cálidos en las imágenes (rojo, anaranjado, amarillo), que representan las zonas con menor humedad en el suelo, se ven incrementadas para el mes de marzo desde 2016 a 2018 (Figura 4.2.5), los cuales presentaban hasta ese momento 271, 259 y 195 mm acumulados de precipitaciones en el año.

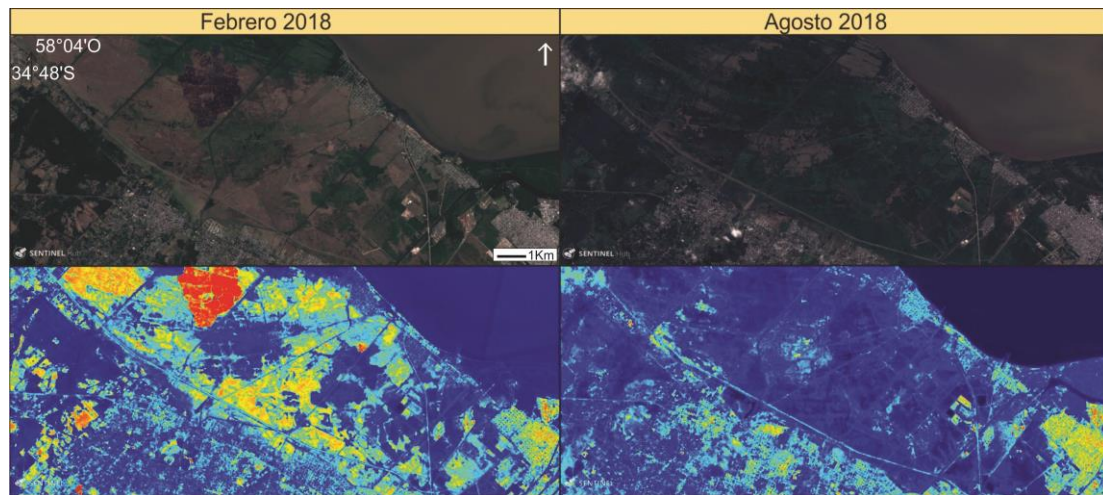


Figura 4.2.4. Comparación de imágenes Sentinel en color natural (superior) y de humedad del suelo (inferior).

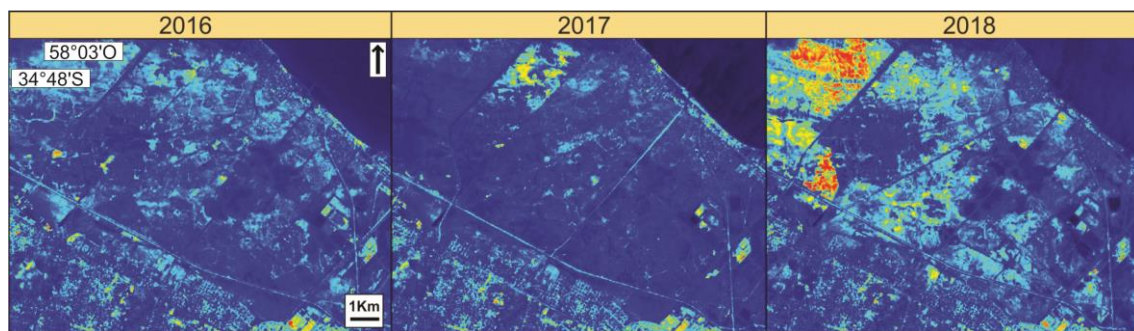


Figura 4.2.5. Imagen comparativa de humedad de suelo para el mes de marzo.

La Figura 4.2.6 muestra algunos valores de nivel freático a lo largo de los meses más cálidos del año 2018, con mayor aporte de precipitaciones, aunque todavía con profundidades que rondan los 2 metros.



Figura 4.2.6. Niveles freáticos medidos entre febrero y marzo de 2018.

Se observó también, en los pozos freaticométricos más alejados al Río de la Plata, cómo el nivel freático disminuía desde los 3,7 msnm a 2,9 msnm para la época de déficit hídrico, y que, frente a precipitaciones acumuladas cercanas a los 85 mm,

retornaba valores cercanos a 3,6 msnm, con un retardo de aproximadamente dos días (Figura 4.2.7).

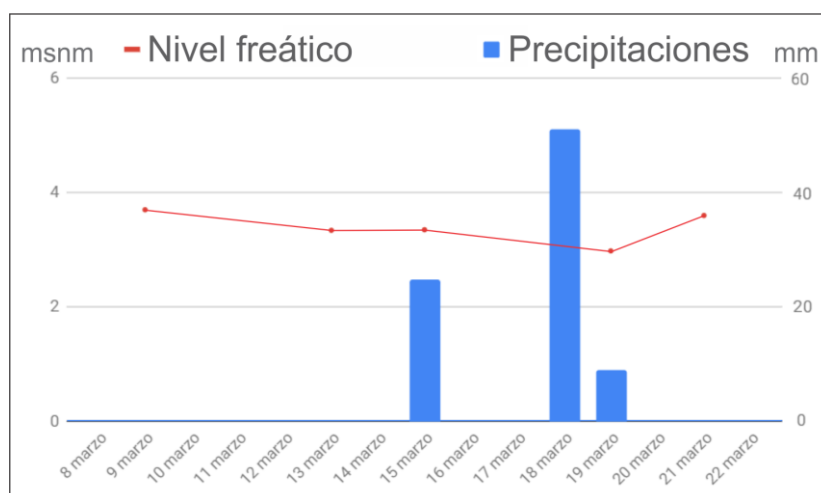


Figura 4.2.7. Relación Precipitaciones-Nivel freático en marzo de 2018.

4.3. Vegetación

Las comunidades vegetales desarrolladas en el área responden al clima, tipo de suelos y relieve. En relieves normales, dependen del tipo de suelo y clima de la región; mientras que, en relieves subnormales a cóncavos, las características de las comunidades están directamente influenciadas por el mal drenaje del suelo y sus propiedades químicas. En este ambiente de frecuente saturación con agua, predominan los pajonales, duraznillares y praderas de pastos salados en la Llanura de Fango Interior, y las praderas y matorrales ribereños, junto con el desarrollo de ceibos, sauces y representantes más australes de la selva marginal en la Llanura Aluvional del Río de la Plata y los alrededores de los canales y arroyos.

La preservación de estos ambientes de la importante actividad antrópica de la región capital contribuye al desarrollo de una diversa fauna, representada principalmente por aves, como garzas, golondrinas, espartilleros, arañeros cara negra y cigüeñas, junto a los rapaces gavilanes, caranchos y chimangos (Figura 4.3.1). También hacen rápidas apariciones en los caminos cuises, ranas y lagartos. Además, hay especies introducidas domésticas como caballos, vacas, ovejas y chanchos (Figura 4.3.2).



Figura 4.3.1. Izquierda: Garza blanca, sauces y especies vegetales acuáticas. Derecha: Margarita de bañado.



Figura 4.3.2. Caballos, acacia negra y algunos ejemplares de duraznillos.

4.4. Análisis de suelos

La ubicación de los suelos descriptos y muestreados se puede observar en la Figura 4.4.1(a).

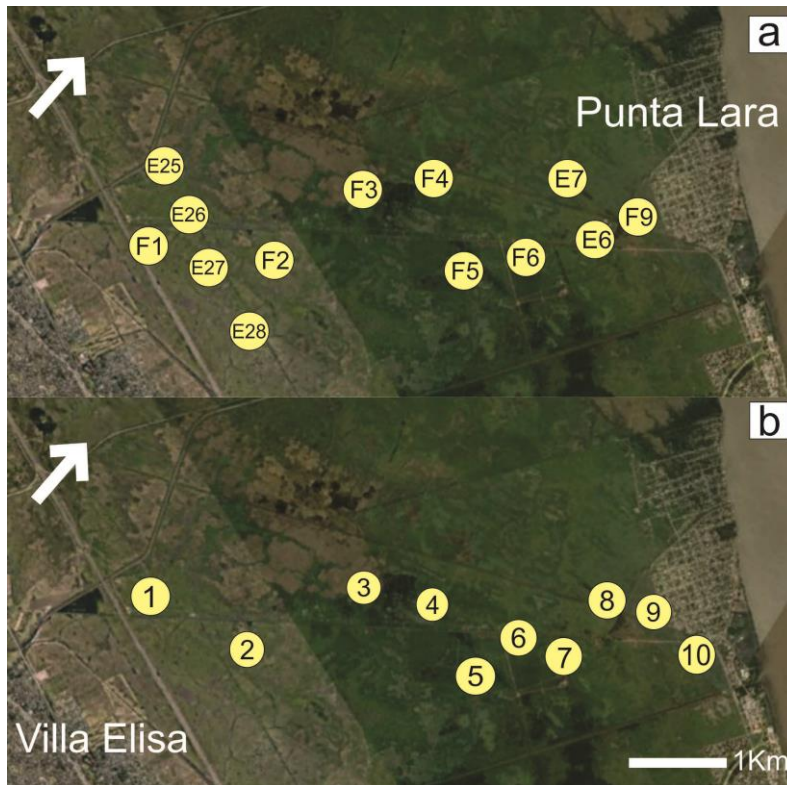


Figura 4.4.1. a: Muestreo y descripción de suelo; b: Ubicación de pozos freáticos.

Los materiales originarios son en general de texturas muy finas, originando horizontes de suelo arcillosos en casi todo el perfil, con contenidos de arcillas que superan en todos los casos el 45%, y alcanzan en algunos hasta un 80% (Figura 4.4.2).

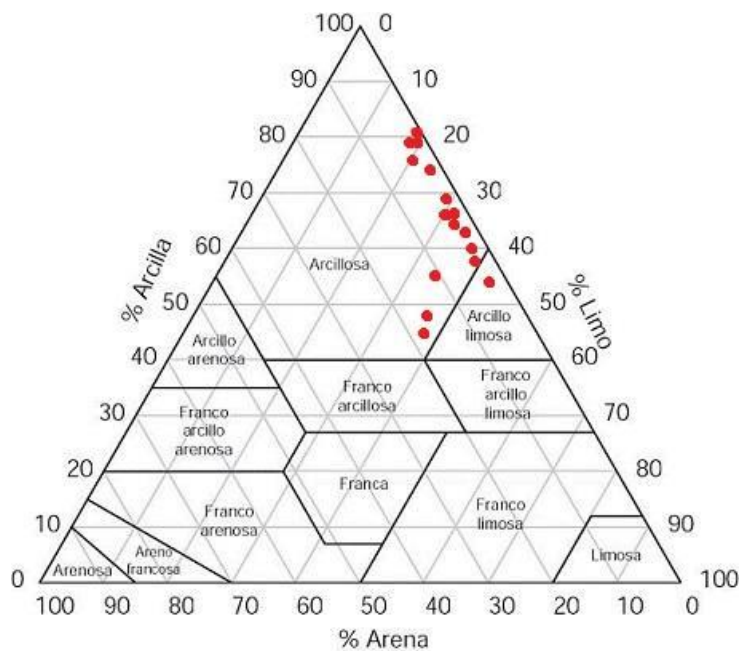
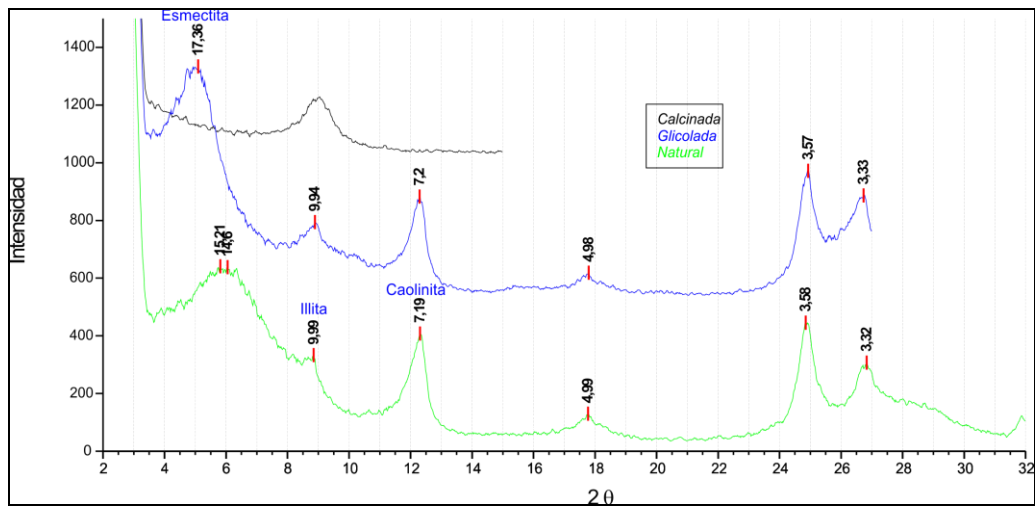


Figura 4.4.2. Triángulo textural (Soil Survey Staff, 1971).

Los contenidos de materia orgánica en los horizontes de suelo superficiales tienen una variación entre 40 y 5% (teniendo en cuenta horizontes Oi y A), y disminuyen regularmente en profundidad. El elevado contenido de materia orgánica en gran parte del perfil de suelo se debe a las condiciones anaeróbicas ocasionadas por el anegamiento de la zona. En algunos casos hasta se ha desarrollado un horizonte orgánico de entre 5 y 10 cm de espesor, con gran cantidad de tejidos vegetales con ligera descomposición, muy baja densidad aparente y alta deformabilidad.

El pH de las pastas de suelo saturado comienza desde la superficie con valores cercanos a 5,5, incrementándose en profundidad, hasta alcanzar en algunos casos valores cercanos a 8,5. La conductividad presenta un comportamiento similar, otorgándole al suelo un grado de salinidad bajo a leve en los primeros horizontes, que luego se incrementa significativamente en profundidad, registrándose valores que le dan carácter salino al sector inferior del perfil. En algunos horizontes de suelo, sólo se obtuvo el valor de resistencia eléctrica, la cual presenta una relación inversa a la de la conductividad respecto a las sales solubles.

Los suelos presentan marcados rasgos vérticos, como por ejemplo grietas desde la superficie hasta más de 1 metro de profundidad, con espesores que llegan a los 3 cm, generadas en los períodos de déficit hídrico. Otro rasgo vértico, son las superficies de deslizamiento (slickensides) que producen limitaciones al desarrollo radicular de las plantas y generan problemas de asentamientos preferenciales en las construcciones. El carácter expansivo de los suelos ha sido comprobado en laboratorio mediante ensayos de expansión libre, habiéndose obtenido valores que llegan a 200-250%, principalmente en los horizontes Cgss y en algunos Btss y BC. Estos resultados han sido correlacionados con los análisis de Difracción de Rayos X en arcillas, los cuales determinaron altos contenidos de arcillas esmectíticas (Figuras 4.4.3).



Figuras 4.4.3. Difracción de rayos x en muestras de arcillas.

En base a los análisis de DRX se obtuvieron porcentajes relativos de los tres tipos principales de arcillas, los cuales se presentan en el Anexo I. Las arcillas esmeclíticas presentan un amplio predominio, con valores que rondan los 45%; en cuanto a la Illita y la Caolinita se observan valores similares, que varían entre 23 y 33%. En algunas muestras, no fue posible realizar el cálculo porcentual debido a la baja cristalinidad de los minerales.

En cuanto a los rasgos redoximórficos, se hallaron tanto moteados como concreciones de Fe/Mn. Los primeros se describieron como manchas subcirculares de coloración rojiza y anaranjada, de tamaño medio (5-15 mm) y contraste preciso respecto a la matriz. Las concreciones se caracterizaron por la variedad de su color, las hay tanto rojizas como negras, siendo indicador de la composición de las mismas. El tamaño varía de medio a grueso (mayores a 15 mm) y presentan morfología subredondeada (Figura 4.4.4). Algunas internamente presentaron reacción al ácido clorhídrico, indicando también la presencia de carbonato de calcio. Ambos rasgos se encuentran a una profundidad variable entre 5 y 60 cm, apareciendo generalmente en los horizontes Bt o en los Cg de todos los perfiles de suelos descriptos.



Figura 4.4.4. Concreciones de hierro y manganeso. Escala: 1 cm.

Los resultados de densidad aparente se ajustaron a la textura de suelo ya analizada. Los valores rondan los 1,17 g/cm³.

El material extraído tanto de las calicatas como a través del barrenado mostró semejanzas entre los diferentes pozos realizados, aunque con variaciones en los espesores y profundidades. Se pudieron describir los siguientes horizontes:

-Oi: orgánico, con abundantes raíces y restos vegetales en grado variable de descomposición, y estructura migajosa.

-A: oscuro, alto contenido de materia orgánica humificada, con abundancia de raíces y estructura migajosa a bloques angulares. El espesor en la mayoría de los perfiles no superó los 12 cm y en algunos casos no se ha encontrado.

-Btss: oscuro, con algunas raíces, textura arcillosa y estructura en prismas fuertes o en bloques angulares fuertes; consistencia dura en seco, presenta acumulación iluvial de coloides (barnices arcillo-húmicos) y manifestaciones vérticas muy significativas. El espesor varía entre 10 y 25 cm.

-C: claro, gris a verdoso (Figura 4.4.5), textura arcillosa, sin estructura evidente dado su estado de humedad; escasas raíces y aumento progresivo en profundidad de rasgos redoximórficos (moteados, concreciones de Fe/Mn, y coloraciones glei). La consistencia en mojado es muy plástica y muy adhesiva. Presenta pequeñas intercalaciones de material más grueso (principalmente limo grueso, aunque pudiendo alcanzar el tamaño arena fina).



Figura 4.4.5. Límite superior neto del horizonte C, observado en una perforación a muy poca profundidad.

-Cuando se trabajó con barrenos, a profundidades variables entre 40 y 90 cm, se detectó un material de granulometría más gruesa, donde posiblemente se aloje gran parte del agua subterránea de la zona, con mayores espesores hacia la costa del

Río de la Plata (Figura 4.4.6).



Figura 4.4.6. Capa de coloración parda y mayor granulometría.

Aparte, en éste perfil general, se observaron niveles conchiles de poco espesor en algunos de los pozos. Las conchillas se presentaron tanto enteras como fragmentadas (Figura 4.4.7).



Figura 4.4.7. Ejemplares enteros de conchillas.

A mayor profundidad (180-250 cm), en los pozos freaticos 8, 9 y 10, los más cercanos a la costa, se encontró abundante arena fina de coloración castaña-amarillenta similar a la que se halla hoy en las playas de Punta Lara. Cercano a los 300 cm, la coloración se volvía más oscura, pudiéndose deber a la presencia de Illmenita. Fueron estos niveles los que dificultaron las maniobras con el barrero dada

su baja cohesividad, provocando inestabilidad de las paredes del pozo y el entrapamiento de las herramientas. Estos materiales no pudieron ser muestreados al momento del barrenado por su baja recuperación y posible contaminación con otros niveles; y durante la apertura de calicatas se encontraron por debajo del nivel freático. Los horizontes de suelo más superficiales se describen con mayor detalle en el Anexo I.

Los resultados de los ensayos de infiltración variaron según el horizonte estudiado. En los horizontes Oi fue, en general, discontinuo en una primera instancia, debiéndose probablemente a un avance en el frente de humectación de forma escalonada (Figura 4.4.8), hasta su estabilización cerca de los 40 minutos de comenzado el ensayo. El consumo de agua en los horizontes Bt pudo ser estabilizado, en todos los ensayos, cerca de los 50 minutos (aunque previamente se había humedecido a la capacidad de campo del suelo); los contrastantes valores de infiltración básica obtenidos (20 y 100 ml) se deben a diferentes grados de agrietamiento (Figura 4.4.9).

Estos ensayos se intentaron realizar en otros momentos del año; en algunos no se pudieron concretar por exceso de agua, y otros, por la gran cantidad de grietas presentes.

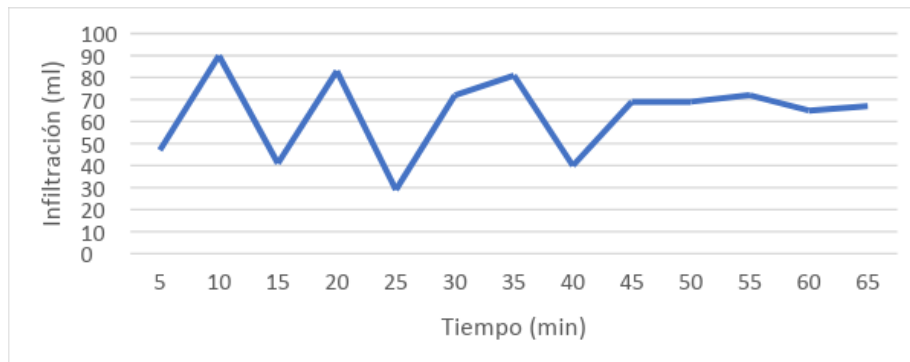


Figura 4.4.8. Ensayo de infiltración en horizonte Oi.

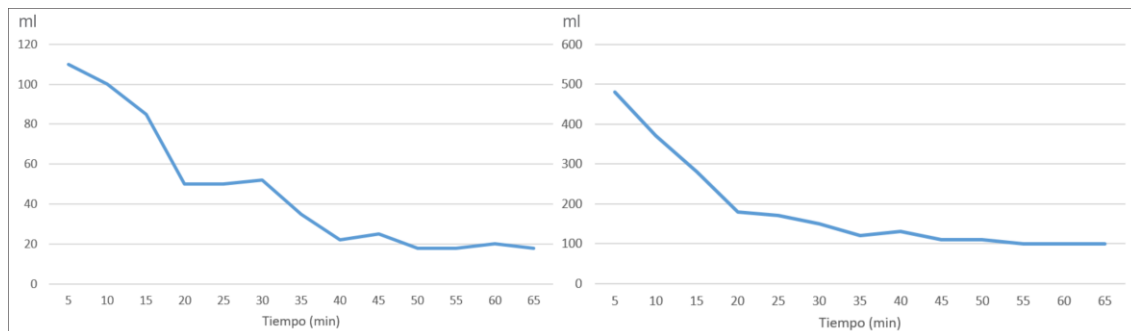


Figura 4.4.9. Ensayos de infiltración en diferentes horizontes Bt.

En el campo también se observan marcas de pisoteo de ganado que generan irregularidades, más acentuadas en zonas deprimidas; generando una compactación que incide en la infiltración del agua. La mayor deformación del suelo, pérdida de estructura (masificación), se produce cuando éste presenta mayor humedad. Al compactarse el suelo, el espacio poral se reduce generando una baja infiltración y posterior percolación; acumulándose el agua en superficie (Figura 4.4.10).



Figura 4.4.10. Zona con abundantes huellas de ganado que deforman y compactan el suelo.

4.4.1. Procesos pedogenéticos actuantes

Diversos procesos pedogenéticos han interactuado durante el desarrollo de los suelos del área. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

Vertisolización: El proceso consiste en la expansión y contracción de los materiales del perfil del suelo ante cambios de humedad del mismo. Estos movimientos son causados por minerales de arcilla expandibles que producen en el suelo rasgos tales como superficies de deslizamiento ("slickensides") (Figura 4.4.11), agregados cuneiformes, grietas y relieve gilgai. El carácter vértico del suelo se refleja asimismo en valores elevados de expansión libre (a veces superiores a 200%). La expansión se acentúa en los suelos con altos contenidos de sodio intercambiable en razón de la capacidad de hidratación que tiene este catión (Hurtado *et al.*, 2006b).



Figura 4.4.11. Gran slickenside en horizonte Btss.

El proceso se manifiesta particularmente en la Llanura Costera, donde afecta prácticamente a todos los suelos, que han sido clasificados dentro del orden Vertisol. Las características expandibles aparecen más marcadas en la parte superior de los horizontes minerales, debido a la exposición a las condiciones climáticas. Las condiciones vérticas se manifiestan hasta profundidades variables de entre 50-150 cm.

Este proceso tiene consecuencias para el crecimiento de las plantas ya que los movimientos de contracción-expansión producen estrangulamiento y compresión de las raíces. Afecta, además, a obras civiles ya que se puede producir roturas de cañerías y agrietamiento de muros. Por otra parte, el agrietamiento profundo de estos suelos en épocas de déficit hídrico acentúa el desecamiento del perfil y, ante eventos de precipitaciones torrenciales, favorece la infiltración y percolación de agua hacia horizontes más profundos o el agua freática, generándose un flujo preferencial (Figura 4.4.12). Por el contrario, en períodos de excesos hídricos, la infiltración y percolación se produce sólo a través de los microporos del suelo, movimiento extremadamente lento, generando la acumulación superficial de agua.



Figura 4.4.12. Perfil de suelo con importantes grietas verticales.

Hidromorfismo: La mayor parte del área de estudio posee suelos que se saturan con agua durante una parte significativa del año. La saturación con agua puede producirse en la parte superior del perfil (episaturación) debido a la formación de "capas colgadas" originadas en la lenta permeabilidad de los horizontes arcillosos superficiales. En la parte inferior se genera una endosaturación por ascenso del nivel freático, siendo posible la saturación por ambas causas simultáneamente.

La existencia de este proceso puede percibirse en el campo, por la observación directa del tipo de vegetación, geomorfología y posición topográfica que ocupe el suelo. En su interior, se refleja en la presencia de rasgos redoximórficos (o hidromórficos), tales como moteados de hierro, concreciones de hierro-manganeso y colores *glei* (colores neutros, verdosos o azulados).

El exceso de agua en los suelos tiene como consecuencia una reducción del contenido de oxígeno, con las consiguientes dificultades para la respiración de las raíces. Se producen asimismo procesos reductivos que pueden dar origen a pérdidas de nutrientes, por ejemplo de nitratos (desnitrificación). Las oscilaciones del nivel freático aumentan los riesgos de corrosividad al hormigón y metales de obras civiles dentro de esa zona de fluctuación de los perfiles de suelos.

Salinización y Alcalinización: Estos procesos afectan particularmente a los suelos formados a partir de sedimentos marinos. Consisten en la acumulación de sales solubles y/o cantidades elevadas de sodio intercambiable. Las causas pueden ser propias de los materiales originarios, la lenta permeabilidad de los suelos y el deficiente drenaje.

El exceso de sodio se refleja por valores altos de pH (generalmente superiores a 8,5), aunque, en ocasiones, debido a los elevados contenidos salinos (resistencias

eléctricas bajas y conductividades eléctricas altas), los valores de pH no superan los valores de 8,5.

Una de las consecuencias de la presencia en exceso de sodio, es el deterioro físico del suelo (disminución de la estabilidad estructural, que provoca menor permeabilidad, aumento de la expansividad, etc.) y las alteraciones en la nutrición vegetal.

Ilimerización o argiluvación: La acumulación de arcilla iluvial se manifiesta por la presencia de cutanes de iluviación de arcilla (barnices), a veces de arcilla y humus, que recubren las caras de agregados y/o el interior de poros de los horizontes Bt (Figura 4.4.13) y, en menor grado, algunos horizontes de transición (BA, BC). En los suelos de la Llanura Costera, el proceso está menos definido que en la Llanura Alta por la menor edad de los materiales, por la naturaleza arcillosa de los materiales originales o por estar enmascarado por los procesos de expansión-contracción de las arcillas marinas.



Figura 4.4.13. Barniz de iluviación arcillohúmico recubriendo poro dejado por una raíz.

Las consecuencias de este proceso es la acumulación subsuperficial de coloides, que, como consecuencia, generan una menor permeabilidad en este sector. Las raíces se ven afectadas en su penetración, las cuales suelen tomar posiciones subhorizontales, constituyendo así un límite abrupto entre diferentes horizontes de suelo (Figura 4.4.14). Por otra parte, el proceso incide favorablemente en la fertilidad química del suelo ya que contribuye a la elevación de la capacidad de intercambio catiónico. Lo que significa un aumento en la capacidad para retener en estado intercambiable elementos nutrientes para las plantas.

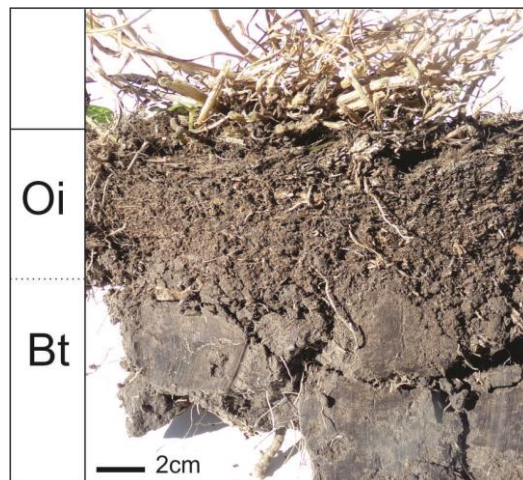


Figura 4.4.14. Las raíces no logran penetrar con facilidad el horizonte Bt.

Otros procesos:

La Melanización se manifiesta en el oscurecimiento de los horizontes minerales (principalmente A y B) debido a la acumulación de materia orgánica humificada. Bajo condiciones reductoras (ej. saturación prolongada) disminuye significativamente la actividad microbiana degradativa, y por consiguiente, la materia orgánica se acumula, constituyendo en muchos casos, horizontes orgánicos.

La Estructuración es un proceso por el cual se forman agregados en el suelo, generando una macroporosidad secundaria que favorece la percolación de agua en profundidad y el desplazamiento de raíces.

El proceso de Carbonatación involucra la disolución de carbonatos existentes en el suelo, transformándolos en bicarbonatos. En éste estado, las moléculas son transportadas por el agua y pueden precipitar nuevamente en horizontes más profundos.

Los factores de formación que han influido más decisivamente en la evolución de los suelos han sido en primer lugar los materiales originarios y las geoformas, generándose suelos intrazonales (Ver Anexo I), clasificados a nivel de gran grupo como Epiacuertes y Endoacuertes.

4.5. Análisis de aguas

Los análisis químicos de las muestras de agua arrojaron conductividades

eléctricas muy variables a lo largo de toda la zona de estudio. En las muestras tomadas en el período de menor humedad se encontraron principalmente valores entre los 1000 y 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aunque el freatómetro 9 llegó a superar los 13000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para el período de mayor humedad, las conductividades eléctricas disminuyeron ampliamente, abarcando un rango entre 400 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la mayoría de los casos se redujo entre un 44 y un 54% del valor inicial. Hubo tres muestras en las cuales se redujo la conductividad hasta un 80%, y sólo una muestra aumentó en un 5% el parámetro.

El pH, mostró leves disminuciones: en el período de menor humedad, arrojó valores entre 7,2 y 9,0, mientras que en el otro período muestreado los valores variaron entre 6,5 y 8,4.

En cuanto a los cationes mayoritarios presentes, se determinaron calcio, magnesio, sodio y potasio y los aniones cloruro, carbonato, bicarbonato y sulfatos. La presencia del catión sodio (Na^+) dominó ampliamente en todas las muestras de ambos períodos estudiados, seguido por el calcio (Ca^{+2}). En cuanto a los aniones, en general, se observó mayor influencia del sulfato (SO_4^{-2}). Para el período de menor humedad, en las tres muestras más cercanas al Río de la Plata (sitios 8-9-10) predominó el ión cloruro (Cl^-). En las muestras obtenidas en agosto, la distribución de los aniones fue más heterogénea; además de haber algunas con predominio de sulfatos o cloruros, también las hubo con predominio de bicarbonato (HCO_3^-) (Figura 4.5.1).

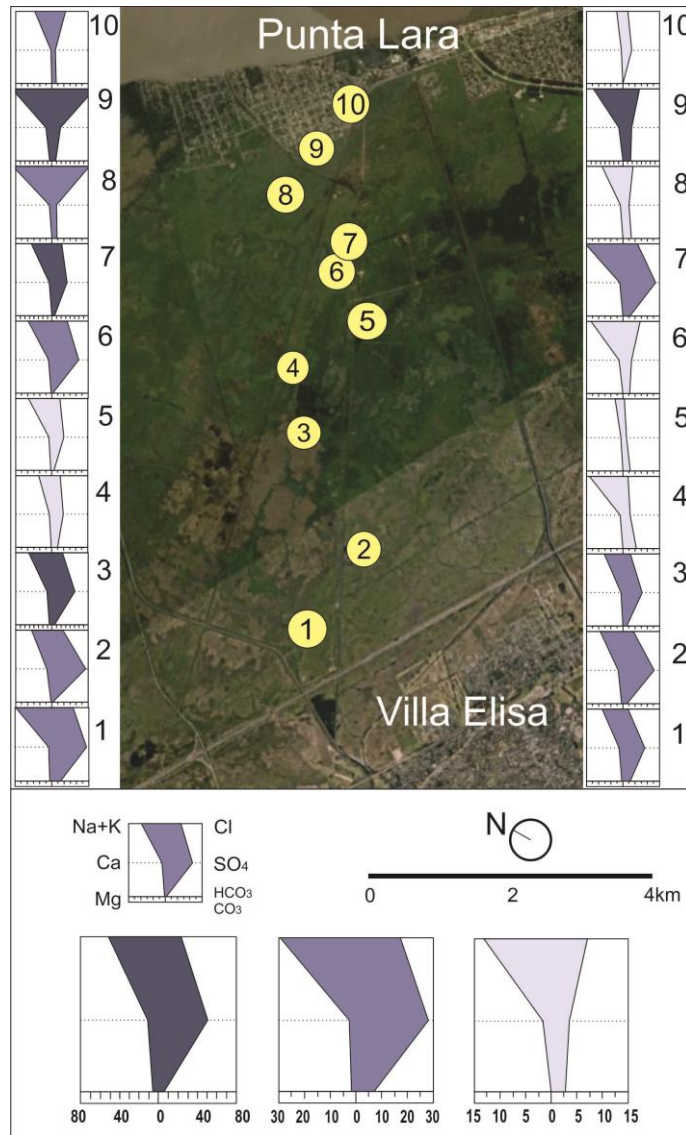


Figura 4.5.1. Diagrama de Stiff de muestras de agua recolectadas en el período de menor humedad (izquierda) y de mayor humedad (derecha). Valores en meq/L.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

A nivel regional se determinó un régimen de humedad údico, basado en las características climáticas y en el balance hídrico. Cuando entra en juego la topografía, las condiciones locales imperan sobre las regionales, principalmente en las zonas deprimidas o de relieve muy plano. Tal es el caso de la mayor parte del área de estudio, donde se definió un régimen de humedad ácuico, también evidenciado por la presencia de moteados y concreciones de hierro y manganeso y colores *glei*. En base a estos rasgos se infiere un drenaje deficiente, con procesos químicos de reducción y oxidación alternantes (hidromorfismo).

En cuanto a la temperatura, el régimen correspondiente es el térmico (temperatura media anual a 50 cm de profundidad: 18°C, temperaturas medias de invierno y verano: 11°C y 23°C, respectivamente), estimado a partir de la temperatura del aire, de acuerdo con Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1996).

A pesar de que en el período invernal se registran los valores más bajos de precipitaciones, la saturación con agua del suelo se ve incrementada. La temperatura y la radiación solar son mínimas para esa época, lo cual favorece la acumulación del agua en superficie, ya que la principal forma de evacuarla es a través de la evapotranspiración. Las mayores precipitaciones en verano se ven acompañadas de temperaturas más elevadas y mayor tiempo de exposición al sol, lo que permiten su evaporación-evapotranspiración, dando origen a un suelo de consistencia muy dura y muy agrietado. En esta situación, las lluvias también infiltran rápidamente a través de las grietas (flujo preferencial) alcanzando en algunos casos el nivel freático.

La necesidad de contar con una planimetría de detalle en un ambiente con tan escasos desniveles ya lo mencionaban Cortelezzi *et al.* en 1996. El ambiente en la zona de estudio se ve continuamente modificado por el ser humano, principalmente acotado a la franja que bordea el Arroyo Miguelín y el camino de acceso. Los movimientos de suelo abarcan desde el desarrollo de senderos y caminos, levantamiento y relleno de los mismos y de zonas de viviendas, hasta la limpieza y construcción de nuevos canales que corren desde y hacia el arroyo. Estos últimos servirían tanto para drenar el agua en exceso de los campos, como para abastecerse de la misma en épocas más secas, siendo muchas veces estos trabajos realizados directamente o asistidos por la Municipalidad de Ensenada (Figura 5.1). Cabe aclarar que el único recurso de agua utilizable por el hombre y animales son los aportados por estos canales y reservorios, debido a la salinidad del agua freática. Estas aguas para el consumo humano son posteriormente potabilizadas por los pobladores.



Figura 5.1. Canal modificado y ampliado con retroexcavadora.

El agua presente en las canalizaciones cercanas a la costa provendría en este caso del Río de la Plata, por lo que habría conexión hidráulica subsuperficial entre ambos. El aporte en las mismas desde la Llanura Alta sería muy escaso a nulo.

Debido a la escasa pendiente de esta unidad geomorfológica, los arroyos provenientes de la Llanura Alta, se insumen o bien sus aguas se esparcen superficialmente. Esta situación contribuye a aumentar el agua que produce su anegamiento, como así también elevar el nivel freático. El escurrimiento es nulo a muy lento, y muchas veces centrípeto.

La baja permeabilidad de los suelos estudiados se debe principalmente al alto contenido de arcilla, que genera abundante microporosidad sin interconexiones, obstaculizando el movimiento del agua. En períodos de intensa evapotranspiración, sin embargo, debido al tipo de arcilla predominante, la presencia de grietas aumenta la infiltración y posterior percolación de agua y otros fluidos. La tasa de infiltración además está condicionada por la estructura, densidad aparente, porosidad y contenido de humedad del suelo al comienzo del evento (Eiza y Carfagno, 2018).

En base a lo mencionado anteriormente (geoforma, textura, clima, profundidad de nivel freático, anegabilidad frecuente, rasgos morfológicos) nos lleva a definir la clase de drenaje natural del suelo como Muy Pobrementemente Drenado, en la cual, los procesos de hidromorfismo son muy acentuados.

Los datos morfológicos observados y obtenidos *in situ* no sólo proveen información fundamental para evaluar las condiciones del suelo en su caracterización,

si no también, permiten la evaluación cuantitativa de sus propiedades en el lugar. Estas pruebas tienen distintas ventajas, una de ellas es la de permitir hacer mediciones bajo las condiciones ambientales del campo teniendo así una mínima alteración en las condiciones naturales.

Los resultados obtenidos en los análisis químicos (pH, conductividad eléctrica, resistencia eléctrica) se ajustan al origen de los materiales que dan lugar a los suelos de la región. Una consecuencia de estas características es la posibilidad de incrementar los riesgos por corrosividad a metales y hormigón, sumado a que el rendimiento de cultivos sensibles se ve afectado.

Los valores obtenidos de materia orgánica son elevados, debido al frecuente anegamiento que sufre la región. La continua saturación de agua desplaza al oxígeno, inhibiendo la actividad microbiana, con la consiguiente preservación de la materia orgánica, dando origen a horizontes orgánicos (O).

El análisis granulométrico determinó que la clase textural que caracteriza a estos suelos en todo el perfil es la arcillosa, y en menor medida la arcillo-limosa.

En cuanto a la densidad aparente, si bien todos los valores se corresponden con el rango previsto para este tipo de suelo, se observaron leves aumentos en profundidad (Horizontes BC y C), debido posiblemente al peso del material suprayacente, sumado a que los horizontes minerales superficiales presentan alto contenido de materia orgánica, raíces y porosidad por agrietamiento.

Soil Survey Staff (1999) considera que la coloración reducida (2,5 Y - 5 Y) de la matriz del suelo, es un índice de anaerobiosis que caracteriza el régimen de humedad ácuico; sin embargo, muchas veces, estos colores son propios del material originario del suelo.

Gómez Samus *et al.* (2016) realizaron tareas de investigación en otros sectores del partido con similares condiciones físico-químicas en horizontes profundos. Éstos autores realizaron DRX a los materiales producto de la última ingresión marina, los cuales presentaron aproximadamente un 30% de interestratificado I/S, rico en Esmectita, además de Illita, Cuarzo, Caolinita, Plagioclasa, Feldespato Potásico y, en menor medida, calcita, goethita y ferrihidrita. El contenido de hierro ferroso en los análisis sería prácticamente despreciable, y en las arcillas podría estar vinculado a esmectitas, como la nontronita. Este mineral, junto a otros cromógenos (ej. goethita, materia orgánica, óxidos), aportaría a la secuencia coloraciones similares a las adoptadas en condiciones de saturación permanente de agua (colores *glei*).

Si bien se coincide con los resultados de la experiencia antes mencionada, es

necesario aclarar que los colores *g/ei* producto de la anaerobiosis prolongada de estos suelos se manifiesta muy frecuentemente, diferenciándose significativamente de la coloración verdosa del material original.

En el presente trabajo, el predominio de arcillas expansivas determinado a partir de la DRX, está sujeto al tipo de drenaje que presenta la región. En suelos de la Llanura Alta, con drenajes naturales más eficientes, es común la abundancia de arcillas illíticas, las cuales pueden hasta duplicar en porcentaje a las Esmectitas (Hurtado *et al.*, 2006b). En cuanto al contenido de Caolinita en el perfil de suelo, se considera proveniente de la meteorización de rocas en la cuenca del río Paraná, constituyendo otra importante diferencia entre éstos suelos y los desarrollados en la Llanura Alta. Por otra parte, se cree que la baja cristalinidad que presentan algunas de las muestras se deben a su reciente formación.

En base a los datos morfológicos y analíticos, como color, pH, resistencia eléctrica y/o conductividad eléctrica y materia orgánica, se han determinado discontinuidades en el perfil de suelo, las cuales se encuentran, generalmente, entre 15 y 40 cm de profundidad.

En cuanto a los resultados de los análisis químicos del agua, la disminución en el parámetro de conductividad eléctrica entre el período de menor y mayor humedad es la esperada. Dos de las muestras que mostraron variaciones del 80% se encuentran en la zona de influencia del Río de la Plata (freatímetros 8 y 10), debido posiblemente a la vinculación en profundidad entre dichas aguas o a una inundación mareal. El agua subterránea de la región se caracterizó como sulfatada sódica. Mientras que el sodio mostró un marcado predominio entre los cationes, los aniones mostraron mayor dispersión.

La actividad ganadera más difundida y recomendada en la zona es la equina, por el menor peso ejercido en el suelo con el pisoteo, respecto a otros animales con mayor porte, como es el ganado vacuno.

Para finalizar, se elaboraron perfiles longitudinales incorporando diferentes elementos del paisaje junto a parámetros analíticos. La [Figura 5.2](#) incorpora topografía, nivel freático medio, geomorfología y clases texturales, mientras que otros perfiles se encuentran en el Anexo II.

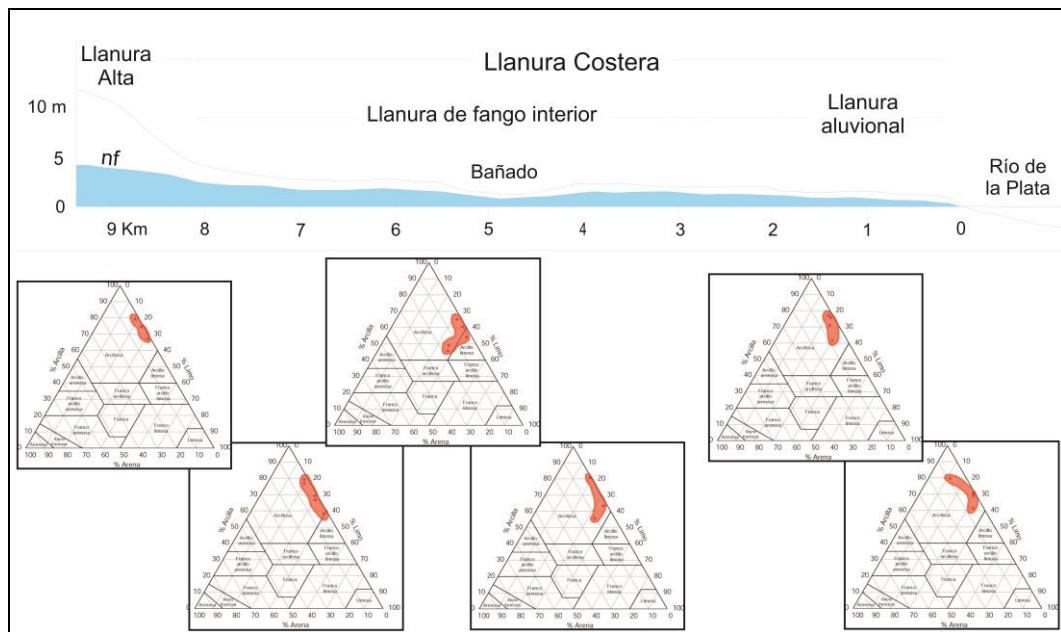


Figura 5.2. Perfil longitudinal integrado.

El perfil anterior, en comparación al publicado por Fucks *et al.* en 2017 (Figura 5.3), representa con mayor detalle la topografía; aunque ello no implique importantes variaciones en las características morfológicas de los suelos, es trascendente para definir las características geomorfológicas, de vegetación y paisajísticas. Se incorpora, además, en el primero, la ubicación del nivel medio de agua subterránea freática.

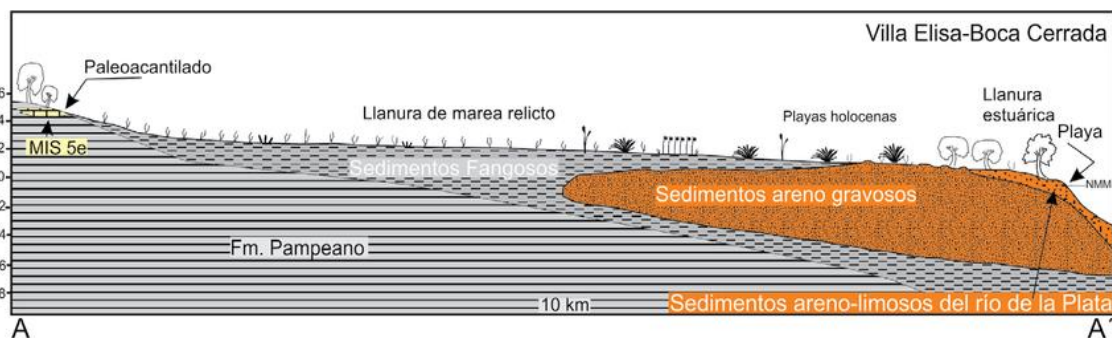


Figura 5.3. Perfil longitudinal de la Planicie Costera, tomado de Fucks *et al.* (2017).

La respuesta del acuífero freático a las precipitaciones ocurridas en el período de déficit hídrico es relativamente rápida (aproximadamente dos días), y se da principalmente a través de las grietas. La parte superior del perfil de suelo vuelve a secarse rápidamente, siendo insuficiente el tiempo de permanencia del agua en el suelo para cerrar dicho agrietamiento.

En el período más húmedo, el suelo se encuentra principalmente entre la humedad correspondiente a la capacidad de campo y el punto de saturación. Las

precipitaciones ocurridas en estas condiciones se infiltran (a la velocidad que se observó en los ensayos de infiltración de los primeros horizontes de suelo), o bien se acumulan en superficie (Figura 5.4).



Figura 5.4. Primer plano: canal Miguelín. Segundo plano: agua acumulada en superficie.

6. AGRADECIMIENTOS

En primer término, quiero manifestar mi agradecimiento a Martín Hurtado y Mario da Silva, quienes con gran sencillez y amabilidad aportaron sus conocimientos y experiencias como directores de este Trabajo Final de Licenciatura.

A los Lic. Edgardo Giani, Daniel Muntz y Juan Manuel Susena, por su importante colaboración en las tareas de campo: construcción de freáticos, nivelación de pozos y medición de niveles de agua subterránea.

A la Lic. Laura Boff, por su ayuda y guía en algunos análisis de suelo en la instancia de laboratorio.

Al personal del Laboratorio de Suelos de la FCAyF (UNLP), por la colaboración en los análisis químicos de las muestras de agua.

Al Laboratorio de Rayos X del CIG y al Dr. Daniel Poiré, por la realización de los análisis y la asistencia en la interpretación de los mismos.

A los Dres. Eduardo Kruse y Eleonora Carol, por brindar bibliografía referente a la temática del trabajo.

A los dueños y/o encargados de las estancias que permitieron el acceso y trabajo en las mismas.

Al IGS y a su personal, por acogerme como integrante de su equipo, por su apoyo, interés y colaboración.

A la FCNyM (UNLP) por su formación a lo largo de estos años.

Finalmente, mi afectuosa gratitud a Dios, mi familia y amigos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abete, L.A. y Sánchez, M. 1970. *Relación entre las constantes de Atterberg y su estimación rápida mediante el ensayo de expansión libre*. Memoria de la Primera Reunión Argentina de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. LEMIT y Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos. La Plata. 241-250.
- Ainchil, J. y Kruse, E.E. 2002. *Características hidrogeológicas de la Planicie Costera en el Noreste de La Plata, Buenos Aires, Argentina*. *Groundwater and Human Development. Mar del Plata (Argentina). XXXII IAH Congress. Proceedings: 606-612*.
- Andelman, M. y García Fernández, J. 2000. *Una agenda para conservar el patrimonio natural de la Argentina, Resumen ejecutivo de la propuesta de la Estrategia Nacional de Biodiversidad*. Fundación C&M-FUCEMA-Grupo Nacional de Biodiversidad de la UICN. Buenos Aires, Argentina, 80 pp.
- APHA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- Bonfils, C.G. 1966. *Rasgos principales de los suelos pampeanos*. Instituto de Suelos y Agrotecnia, CIRN, INTA. Publicación No. 97. Buenos Aires. 66 p.
- Cabral, M.G., Giménez, J.E., Sánchez, C.A y Crincoli, A. 2005. *Elaboración y Transferencia de Cartografía Temática e Implementación de un GIS para el Planeamiento - Partido de Berisso*. Convenio: Municipalidad de Berisso- CIC- IGS. Entregado al Municipio en Octubre 2005.
- Calahorra Fuertes, P., Kruse, E.E. y Ainchil, J. 2005. *Características hidroquímicas del agua freática en Berisso y Ensenada (Provincia de Buenos Aires)*. Congreso; IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Río Cuarto (Córdoba).

- Cappannini, D.A. y Domínguez, O. 1961. *Los principales ambientes geoedafológicos de la provincia de Buenos Aires*. IDIA. No. 163 y Publicación No. 76 del Instituto de Suelos y Agrotecnia. INTA. Buenos Aires.
- Cappannini, D.A. y Mauriño, V.R. 1966. *Suelos de la zona litoral estuárica comprendida entre las ciudades de Buenos Aires al norte y La Plata al sur (Provincia de Buenos Aires)*. INTA, 2. Colección Suelos. 45 p.
- Carol, E.S. y Kruse, E.E. 2014. *Isótopos ambientales aplicados a la cuantificación de los procesos de evaporación en la planicie costera del Río de la Plata*. XIX Congreso Geológico Argentino. Córdoba.
- Cavallotto, J.L. 1995. *Evolución geomorfológica de la Llanura Costera ubicada en el margen sur del Río de la Plata*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Cavallotto, J.L. y Violante, R.A. 2005. *Río de la Plata*. En: de Barrio, Etcheverry, Caballé y Llambías (eds.), 'Geología y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires', Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, pp. 237-254.
- CFI. Consejo Federal de Inversiones. 1972. *Estudio de aguas subterráneas del noreste. Contribución al Estudio Geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires, Argentina.
- Cortezzi, C.R., Pavlicevic, R.E. y Pittori, C.A. 1996. *Características geológicas y topográficas de la localidad de Punta Lara, Partido de Ensenada, Provincia de Buenos Aires*. Informe Técnico, CIC.
- Dangavs, N.V. 2005. *Los ambientes acuáticos de la Provincia de Buenos Aires*. En: de Barrio, Etcheverry, Caballé y Llambías (eds.), 'Geología y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires', Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, pp. 219-236.

- Delgado, M.I., Rodríguez Vergarías, A., Gaspari, F. y Kruse, E.E. 2014. *Simulación hidrológica del escurrimiento superficial en el noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina*. II Congreso Internacional sobre hidrología de llanuras. Santa Fe.
- Eiza, M. y Carfagno, P. 2018. *Medición de la infiltración en el suelo. Infiltrómetro de anillo simple y simulador de lluvias*. En: Quiroga, Fernández y Álvarez (eds.), 'Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos', Ediciones INTA, Centro Regional La Pampa-San Luis, pp. 25-36.
- Etchevehere, P. 1975. *Suelos*. Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca. 219-229.
- Etchevehere, P. 1976. *Normas de reconocimiento de suelos*. Publ. No. 152. Departamento Suelos, INTA. Castelar. 169 p. 202 p.
- Fidalgo, F., Colado, U. y de Francesco, F. 1973. *Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (Prov. de Buenos Aires)*. V Congreso Geológico Argentino, Actas III: 227-240.
- Fidalgo, F. y Martínez, O. 1983. *Algunas características geomorfológicas dentro del partido de La Plata (Provincia de Buenos Aires)*. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 38 (2): 263-279.
- Fucks, E., Schnack, E. y Aguirre, M. 2008. *Reconsideración estratigráfica de las Secuencias Marinas Holocenas del Sector Continental de la Bahía Samborombón, Provincia de Buenos Aires*. Actas del XVII Congreso Geológico Argentino, 3: 1210-1211, Jujuy.
- Fucks, E., D'Amico, G., Pisano, M.F. y Nuccetelli, G. 2017. *Evolución geomorfológica del Gran La Plata y su relación coneventos catastróficos*. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 74 (2): 141-154.

- Giménez, J.E., Hurtado, M.A., Cabral M. y da Silva M. 1992. *Estudio de suelos del partido de La Plata. Etapa I: Sector Oeste-Noroeste*. Convenio Consejo Federal de Inversiones-Facultad de Ciencias Naturales y Museo. 180 p. y mapas.
- Giménez, J.E. y Hurtado, M.A. 2012. *Geomorfología y suelos de la Reserva Natural Punta Lara*. En 29-34: Roesler, I. y M.G. Agostini (eds). Inventario de los Vertebrados de la Reserva Natural Punta Lara, provincia de Buenos Aires, Argentina. Temas de Naturaleza y Conservación, Monografía de Aves Argentinas No 8. Buenos Aires, Argentina.
- Gómez Samus M.L., Boff, L., Ontivero, P., Ziccarelli, S. Y Bidegain, J.C. 2016. *Estudio magnético preliminar de arcillas vinculadas a la ingesión marina del Holoceno en los partidos de Ensenada y Berisso*. VII Congreso Latinoamericano de Sedimentología. XV Reunión Argentina de Sedimentología. Santa Rosa, La Pampa.
- Hernández, M.A. 2003. *La importancia de la zona no-saturada en la hidrología de llanuras*. Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, tomo 53: 73-82.
- Hurtado, M.A., Giménez, J.E., Cabral, M.G. y colaboradores. 2006a. *Suelos del Partido de Berazategui como base para el planeamiento ambiental y ordenamiento territorial*. Consejo Federal de Inversiones-Ministerio de Economía Provincia de Buenos Aires. Instituto de Geomorfología y Suelos (FCNyM, UNLP), Informe Final, La Plata.
- Hurtado, M.A., Giménez, J.E., Cabral, M.G. y colaboradores. 2006b. *Análisis ambiental del partido de La Plata: Aportes al ordenamiento territorial*. 1ª ed. Buenos Aires. Consejo Federal de Inversiones.
- Hurtado, M.A., 2015. *Desarrollo de herramientas para el análisis, evaluación y gestión sostenible del territorio y sus recursos. Aplicación al conurbano bonaerense*,

- Provincia de Buenos Aires, Argentina*. Tesis doctoral. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Universidad de Cantabria. España.
- Imbellone, P.A., Guichón, B.A. y Giménez, J.E. 2009. *Hydromorphic soils of the Río de la Plata coastal plain, Argentina*. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis 16 (1): 3-14.
- Iriondo, M.H. 2010. *Geología del Cuaternario en Argentina*. Editorial Moglia, Corrientes, Argentina.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1989. *Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000*.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland.
- Liotta, J.R. 1999. *Pautas generales para un Sistema de Áreas Protegidas del Noreste Bonaerense*. Revista de la Comisión de Biodiversidad Bonaerense No. 1: 3-42. La Plata, Buenos Aires.
- Kruse E.E., et al. 2011. *El cambio climático y las condiciones ambientales en los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada, provincia de Buenos Aires: aspectos preliminares*. III Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable, Parte D: 29-37, La Plata, Argentina.
- Martínez, O.R, Hurtado, M.A., Cabral, M.G., Giménez, J.E. y da Silva, M.M. 2001. *Geología y Geomorfología de la planicie costera en los partidos de Ensenada y Berisso (provincia de Buenos Aires)*. Actas III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio y I Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio del Área del MERCOSUR. Mar del Plata.

- Martínez, S. y del Río, C. 2005. *Las Ingresiones marinas del Neógeno en el sur de Entre Ríos (Argentina) y Litoral Oeste de Uruguay y su contenido malacológico*. Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino II. INSUGEO, Miscelánea, 14: 13-26.
- Miaczynski, C.R.O. y Tschapek, M. 1965. *Los suelos de la región pampeana*. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 3 (Clima y Suelo). INTA. Vol. II No. 3: 35-79.
- Parker, G. y Violante, R. 1992. *El Río de la Plata y regiones adyacentes*. En: Iriondo (ed.), 'El Holoceno en la Argentina', Vol. 2:163-225. CADINQUA, Paraná, Entre Ríos.
- Ramsar, Irán. 1971. *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*. Ramsar (Irán). Compilación de Tratados de las Naciones Unidas N° 14583.
- Sala, J. M., González, N. y Kruse, E. 1983. *Generalización Hidrológica de la Provincia de Buenos Aires. Coloquio Internacional Sobre Hidrología de Grandes Llanuras*. Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional, Olavarría, Argentina.
- Soil Survey Staff. 1971. *Guide for interpreting engineering uses of soils*. Soils Conservation Service, U. S. Department of Agriculture, U. S. Government Printing Office, Washington, D.C. USA. 87 p.
- Soil Survey Staff. 1996. *Keys to Soil Taxonomy*. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture. 7th Edition.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture. 12th Edition.
- Thornthwaite, C. W. 1948. *An approach toward a rational classification of climate*. The Geographical Review, Vol. 38, pp. 55-94.

UNLP. 2017. *Las Inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada, Análisis de Riesgo y Estrategias de Intervención. Hacia la Construcción de un Observatorio Ambiental.* Proyecto de Investigación Orientado (PIO) CONICET-UNLP (2014-2016).

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

8. ANEXO

I. Descripciones morfológicas y analíticas de perfiles de suelos

PERFIL: E6

UNIDAD GEOMORFICA PRINCIPAL: Llanura de Fango

UBICACION: S 34° 41' 0,5" - O 57° 59' 23"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 2,5 m

PERMEABILIDAD: muy lenta.

ANEGAMIENTO: ocasional

DRENAJE: Imperfectamente Drenado

VEGETACIÓN: *Lotus corniculatus*, *Cyperus*, *Artemisia vulgaris*, *Eryngium eburneum*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Endoacuert típico.

- Oi** 6-0 cm; castaño grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; migajosa; húmedo; raíces muy abundantes; límite neto y plano.
- Btss1** 0-23 cm; castaño grisáceo muy oscuro a gris muy oscuro (10YR 3/1,5) en húmedo; arcillosa; prismática gruesa fuerte con tendencia a bloques angulares; ligeramente duro, firme, muy plástico y adhesivo; barnices arcillosos abundantes; slickensides comunes; húmedo; raíces abundantes; límite claro y plano.
- Btss2** 23-35 cm; negro (10YR 4/1) en húmedo; arcillosa; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; slickensides abundantes; húmedo; límite gradual y plano.
- Cgss** 35-70 cm; gris (5Y 5/1) en húmedo; arcillosa; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; moteados abundantes gruesos y sobresalientes; concreciones de Fe/Mn abundantes; slickensides abundantes; húmedo; límite gradual y plano.
- Cg** 70-107 + cm; gris oliva oscuro (5Y 4/1) en húmedo; concreciones de Fe/Mn gruesas, abundantes en el techo.

Nivel freático: 97 cm.

Horizontes		Oi	Btss1	Btss2	Cgss	Cg
Profundidad (cm)		6-0	0-23	23-35	35-70	70-107+
pH (pasta)		5,07	5,90	6,48	7,45	7,85
Resistencia (pasta) (Ω)		410	165	100	45	70
Conductividad dS/m		-	1,03	1,1	3,94	8,78
Composición Granulométrica (%)	Arcilla <2 μm		69,65	80,26	70,42	61,22
	Limo 2-50 μm		28,19	11,15	28,61	32,56
	Arena 50-2000 μm		2,16	8,60	0,97	6,21
Clase textural			a	a	a	a
Carbono orgánico (%)		12,04	1,23	0,5	0,29	0,22
Materia orgánica (%)		20,76	2,12	0,86	0,51	0,38
Expansión Libre (%)		100	130	135	210	145

PERFIL: E7

UNIDAD GEOMORFICA PRINCIPAL: Llanura de Fango

UBICACION: S 34° 49' 05" - O 57° 59' 48,5"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 2,5 m

RELIEVE: Plano

PERMEABILIDAD: muy lenta

ANEGAMIENTO: ocasional

DRENAJE: Imperfectamente Drenado a Pobremente Drenado.

VEGETACIÓN: *Lotus corniculatus*, *Vicia sativa*, *Cirsium vulgare*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Epiacuert típico.

- A** 0-17 cm; castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillosa a arcillolimosa; granular media moderada; ligeramente duro, friable, algo plástico y adhesivo; concreciones de Fe/Mn abundantes; húmedo; raíces abundantes; límite claro y ondulado.
- Bt** 17-36 cm; oliva grisáceo muy oscuro (10Y 3/2) en húmedo; arcillosa; bloques angulares con tendencia a masiva; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; concreciones de Fe/Mn abundantes; slickensides escasos; húmedo; límite neto y ondulado.
- Cgss1** 36-60 cm; gris (5Y 5/1) en húmedo; arcillosa; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; concreciones de Fe/Mn abundantes; slickensides muy abundantes; húmedo; límite gradual y plano.
- Cgss2** 60-105+ cm; castaño oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo; arcillosa; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; húmedo.

Nivel freático: 98 cm.

Horizontes		A	Bt	Cgss1	Cgss1
Profundidad (cm)		0-17	17-36	36-60	60-105+
pH (pasta)		5,23	6,52	7,23	8,17
Resistencia (pasta) (Ω)		315	160	90	90
Conductividad dS/m		0,9	-	2,58	-
Composición Granulométrica (%)	Arcilla <2 μm	61,84	71,88	76,21	77,32
	Limo 2-50 μm	30,7	24,56	23,29	20,87
	Arena 50-2000 μm	7,46	3,56	0,51	1,81
Clase textural		a	a	a	a
Carbono orgánico (%)		3,39	1,41	0,53	0,31
Materia orgánica (%)		5,85	2,43	0,91	0,53
Expansión Libre		80	110	210	180

PERFIL: E25

UNIDAD GEOMORFICA PRINCIPAL: Intercanal de Marea

UBICACION: S 34° 50' 29" - O 58° 02' 54"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 3 m

RELIEVE: Plano cóncavo

PERMEABILIDAD: muy lenta

ANEGAMIENTO: frecuente

DRENAJE: Pobremente Drenado

VEGETACIÓN: *Solanum glaucophyllum Alternanthera philoxeroides Mentha*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Epiacuert típico.

- A** 0-6 cm; castaño gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; arcillolimoso; bloques angulares, gruesos, moderada; ligeramente duro, firme, plástico y adhesivo; húmedo; raíces abundantes; límite neto y suave.
- Bt** 6-50 cm; castaño gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; arcillosa; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; slickensides escasos; mojado; límite neto y suave.
- BCgy** 50-95+ cm; gris oscuro (2.5Y 4/1) en húmedo; arcillosa; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; moteados finos medios y sobresalientes; concreciones de Fe/Mn abundantes; mojado.

Nivel freático: 95 cm.

Horizontes		A	Bt	BCgy
Profundidad (cm)		0-6	6-50	50-95+
pH (pasta)		5,45	6,85	7,66
Resistencia (pasta) (Ω)		380	140	38
Composición Granulométrica (%)	Arcilla <2 μm	6320	81,20	55,92
	Limo 2-50 μm	18,76	34,95	33,36
	Arena 50-2000 μm	0,05	1,85	10,72
Clase textural		a	a	a
Carbono orgánico (%)		10,16	1,74	0,51
Materia orgánica (%)		17,51	3,01	0,87
Expansión Libre (%)		90	150	185
Capacidad de Campo		68,1	68,4	61,4
Punto de Marchites Permanente		40,6	34,8	31,9

PERFIL: E 26

UNIDAD GEOMORFICA PRINCIPAL: Intercanal de Marea

UBICACION: S 34° 50' 33" - O 58° 02' 51"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 3 m

RELIEVE: Plano, levemente convexo

PERMEABILIDAD: lenta

ANEGAMIENTO: frecuente

DRENAJE: Pobremente Drenado

VEGETACIÓN: *Artemisia vulgaris*, *Vicia sativa*, *Dichondra Repens*, *Trifolium repens*, *Cirsium vulgare*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Endoacuert típico.

- Oi** 4-0 cm; castaño muy oscuro (7.5YR 2.5/2) en húmedo; migajosa; húmedo; raíces muy abundantes; límite neto y plano.
- Bt** 0-12 cm; negro (N 2.5/0) en húmedo; arcillosa; bloques angulares, media fuerte; ligeramente duro, firme, ligeramente plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; húmedo; raíces abundantes; límite neto e irregular.
- Btgk** 12-38 cm; negro (2.5Y 2/1) en húmedo; arcillosa; masivo; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos muy abundantes; reacción fuerte al carbonato en la masa; húmedo; límite gradual y ondulado.
- 2Btgk** 38-67 cm; negro (2.5Y 2/1) en húmedo; arcillosa; masivo; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; reacción fuerte al carbonato en la masa; concreciones de carbonato de calcio abundantes; slickensides escasos; húmedo; límite gradual y ondulado.
- 2BCgky** 67-95+ cm; castaño grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) en húmedo; arcillosa; masivo; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos escasos; moteados abundantes gruesos y sobresaliente; concreciones de Fe/Mn abundantes; reacción fuerte al carbonato en la masa; concreciones de carbonato de calcio abundantes; cristales de sales; húmedo.

Nivel freático: 95 cm.

Horizontes		Oi	Bt	Btgk	2Btgk	2BCgky
Profundidad (cm)		4-0	0-12	12-38	38-67	67-95+
pH (pasta)		5,7	6,78	6,31	7,33	7,48
Resistencia (pasta) (Ω)		370	290	310	115	91,2
Composición Granulométrica (%)	Arcilla <2 μm	-	54,76	60,66	49,00	45,17
	Limo 2-50 μm	-	42,28	37,57	35,45	36,95
	Arena 50-2000 μm	-	2,96	1,77	15,55	17,88
Clase textural		-	aL	a	a	a
Carbono orgánico (%)		12,79	2,59	3,29	0,40	0,37
Materia orgánica (%)		22,05	4,47	5,68	0,70	0,63
Expansión Libre (%)		-	110	80	110	95
Capacidad de Campo		-	57,4	57,0	58,3	59,0
Punto de Marchites Permanente		-	30,2	30,0	31,9	32,8

PERFIL: 27

UBICACION: S 34° 50' 47" - O 58° 02' 36,4"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 3 m

RELIEVE: Plano, con zonas levemente más bajas

PERMEABILIDAD: muy lenta

ANEGAMIENTO: ocasional

DRENAJE: Pobremente Drenado

VEGETACIÓN: *Cirsium vulgare*, *Onopordon acanthium*, *Artemisia vulgaris*, *Cyperus*, *Vicia sativa*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Endoacuert típico.

- Oi** 4-0 cm; castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; migajosa; húmedo; raíces muy abundantes; límite neto y plano.
- BA** 0-9 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arcillo limosa; bloques subangulares, media, fuerte; ligeramente duro, firme, plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos escasos; húmedo; raíces escasas; límite claro y plano.
- Bt** 9-20 cm; negro (N 2,5/0) en húmedo; arcillosa; bloques angulares a bloques subangulares, medios, moderados; duro, firme, plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos muy abundantes; raíces escasas; húmedo; límite neto y ondulado.
- 2Btg1** 20-33 cm; castaño oliva (2.5Y 4/3) en húmedo; arcillosa; masivo; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillososhúmicos abundantes; moteados comunes finos y precisos; reacción débil al carbonato en la masa; húmedo; límite gradual y ondulado.
- 2Btg2** 33-55 cm; castaño grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) en húmedo; arcillosa; masivo; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; moteados comunes finos y precisos; slickensides escasos; cristales de sales; húmedo; límite claro y suave.
- 3Btgss** 55-95+ cm; castaño oliva (2.5Y 4/4) en húmedo; arcillosa; prismática, media moderada que rompe a bloques angulares; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; concreciones de Fe/Mn abundantes; slickensides abundantes; cristales de sales en pequeñas grietas; húmedo.

Nivel freático: 95 cm.

Horizontes		Oi	Bt	2Btg1	2Btg2	3Btgss
Profundidad (cm)		4-0	9-20	20-33	33-55	55-95+
pH (pasta)		-	6,82	7,26	7,92	5,61
Resistencia (pasta) (Ω)		-	206,34	114	224	233,7
Composición Granulométrica (%)	Arcilla <2 μ m	-	58,43	79,34	76,81	69,01
	Limo 2-50 μ m	-	39,53	18,08	20,03	29,89
	Arena 50-2000 μ m	-	2,04	2,58	3,16	1,10
Clase textural		-	a	a	a	a
Carbono orgánico (%)		27,09	4,08	0,83	0,57	-
Materia orgánica (%)		46,70	7,03	1,45	0,99	-
Expansión Libre (%)		40	85	180	205	70
Capacidad de Campo		-	66,6	67,1	67,9	65,2
Punto de Marchites Permanente		-	36,7	37,2	37,5	37,6

Composición mineral en % de la fracción arcilla

Horizonte	Illita	Esmectita	Caolinita
2Btg1	23,25	48	28,75
2Btg2	28,5	46	25,5

PERFIL: E28

UBICACION: S 34° 50' 47" - O 58° 02' 35,3"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 3 m

RELIEVE: Plano, ligeramente cóncavo

PERMEABILIDAD: muy lenta

ANEGAMIENTO: frecuente

DRENAJE: Pobremente Drenado

VEGETACIÓN: *Solanum glaucophyllum*, *Portulaca oleracea*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Epiacuert típico.

- Oi** 5-0 cm; castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; migajosa; húmedo a mojado; raíces muy abundantes; límite neto y plano.
- A** 0-7 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillo limosa; bloques subangulares, media, fuerte; ligeramente duro, firme, plástico y adhesivo; húmedo a mojado; raíces abundantes; límite neto e irregular.
- 2Btg1** 7-37 cm; negro (N 2,5/0) en húmedo; arcillosa; bloques angulares a bloques subangulares, medios, moderados; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; moteados abundantes, gruesos y sobresalientes; concreciones de Fe/Mn muy abundantes; raíces escasas; húmedo; límite gradual y suave.
- 2Btg2** 37-60 cm; castaño oliva (2.5Y 4/3) en húmedo; arcillosa; masivo; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; húmedo; límite neto y suave.
- 3Btgss** 60-97+ cm; castaño grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) en húmedo; arcillosa, con bandas de arena fina intercaladas; masivo; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; concreciones de Fe/Mn escasas; slickensides muy abundantes; húmedo. Bandas de arena muy fina intercaladas entre las caras horizontales de los agregados.

Nivel freático: 97 cm.

Horizontes		A	2Btg1	3Btgss
Profundidad (cm)		0-7	7-37	60-97+
pH (pasta)		5,73	7,48	7,05
Resistencia (pasta) (Ω)		262,2	188,1	136,8
Composición Granulométrica (%)	Arcilla <2 μm	67,54	79,11	74,50
	Limo 2-50 μm	31,26	18,37	24,52
	Arena 50-2000 μm	1,20	2,52	0,98
Clase textural		a	a	a
Carbono orgánico (%)		5,74	0,91	0,46
Materia orgánica (%)		9,89	1,57	0,79
Expansión Libre (%)		100	150	130
Capacidad de Campo		64,1	68,5	70,6
Punto de Marchites Permanente		38,2	38,4	38,8

Composición mineral en % de la fracción arcilla

Horizonte	Illita	Esmectita	Caolinita
2Btg1	27,7	43,2	29,1
3Btgss	25,54	41,15	33,21

PERFIL: F1

UBICACION: S 34°50'47.30" - O 58° 3'2.90"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 3 m.

RELIEVE: Plano

PERMEABILIDAD: lenta

ANEGAMIENTO: ocasional

DRENAJE: Imperfectamente Drenado

VEGETACIÓN: *Cynodon dactylon*, *Vicia sativa*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Endoacuert típico.

- A** 0-3 cm; gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; arcillosa; migajosa; duro, firme; raíces muy abundantes; límite neto y plano.
- Bt** 3-38 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillosa; bloques subangulares, media, fuerte; firme, plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; húmedo a mojado; raíces abundantes.
- 2Cgss** 38-65+ cm; pardo amarillento grisáceo (2,5Y 5/2) en húmedo; arcillosa; bloques angulares a bloques subangulares, medios, moderados; firme, muy plástico y muy adhesivo; moteados rojizos abundantes, medios y sobresalientes; concreciones subredondeadas de Fe/Mn escasas; raíces escasas; húmedo.

Nivel freático: 160 cm.

Horizontes	A	Bt	2Cgss
Profundidad (cm)	0-3	3-38	38-65+
pH (pasta)	-	6,87	7,79
Resistencia (pasta) (Ω)	-	136,8	46,74
Expansión Libre	-	180	210
Densidad Aparente	-	-	1,02

PERFIL: F2

UBICACION: S 34°50'42.20" - O 58° 2'27.00"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 3 m

RELIEVE: Plano cóncavo

PERMEABILIDAD: muy lenta

ANEGAMIENTO: frecuente

DRENAJE: Pobremente Drenado

VEGETACIÓN: Solanum glaucophyllum, Gleditsia triacanthos, Solanum sisymbriifolium, Mentha.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Epiacuert típico.

- Oi** 4-0 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; migajosa; raíces muy abundantes; límite neto y plano.
- A** 0-6 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillo limoso; bloques subangulares, medios, fuertes; firme, plástico y adhesivo; húmedo a fresco; raíces abundantes.
- Bt** 6-30 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillosa; bloques angulares a bloques subangulares, medios, moderados; firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos muy abundantes; moteados abundantes, medios y sobresalientes; concreciones de Fe/Mn escasas; raíces escasas; húmedo.
- 2Cgss** 30-50+ cm; gris (5Y 5/1) en húmedo; arcillosa; masiva; muy plástico y muy adhesivo; húmedo; reacción con HCl moderada en la masa.

Nivel freático: 180 cm.

Horizontes	2Cgss
Profundidad (cm)	30-50+
pH (pasta)	8,10
Resistencia (pasta) (Ω)	173
Expansión Libre	200
Densidad Aparente	1,13

PERFIL: F3

UBICACION: S 34°50'1.90" - O 58° 1'27.20"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 2 m

RELIEVE: Plano a plano cóncavo

PERMEABILIDAD: lenta

ANEGAMIENTO: frecuente

DRENAJE: Imperfectamente Drenado

VEGETACIÓN: *Mentha, Cyperus, Solanum glaucophyllum*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Epiacuert típico.

- O/A** 0-4 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; migajosa; blanda, friable; raíces muy abundantes; fresco; límite abrupto y suave.
- Bt** 4-18 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcilloso; prismas regulares, medios, fuertes; firme, plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; fresco a húmedo; raíces abundantes hacia el techo.
- 2Cg** 18-45+ cm; gris (5Y 5/1) en húmedo; arcilloso; masivo; firme, muy plástico y muy adhesivo; moteados de Mn abundantes, medios y precisos; concreciones Fe/Mn comunes, finas; barnices arcillohúmicos escasos; reacción con HCl en la masa; húmedo.

Nivel freático: 139 cm.

Horizontes	O/A	Bt	2Cg
Profundidad (cm)	0-4	4-18	18-45+
pH (pasta)	-	5,67	7,92
Resistencia (pasta) (Ω)	-	233,7	145,9
Expansión Libre	60	125	200
Densidad Aparente	-	1,06	1,17

PERFIL: F4

UBICACION: S 34°49'52.80" - O 58° 1'4.50"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 1,5 m

RELIEVE: Plano

PERMEABILIDAD: muy lenta

ANEGAMIENTO: frecuente

DRENAJE: Pobremente Drenado

VEGETACIÓN: *Eryngium eburneum*, *Solanum glaucophyllum*, *Cynodon dactylon*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Epiacuert típico.

- O/A** 0-4 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; migajosa; friable; raíces muy abundantes; fresco; límite claro y suave.
- Bt** 4-19 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcilloso; prismas regulares, medios, moderados; firme, plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; concreciones de Fe/Mn comunes, medias; moteados escasos, medios, precisos; fresco; raíces abundantes hacia el techo.
- 2Cgss** 19-45+ cm; gris (5Y 5/1) en húmedo; arcilloso; masivo; moteados de Fe/Mn abundantes, medios y precisos; concreciones Fe/Mn comunes; húmedo; pequeños manchones aislados de carbonato en la masa.

Nivel freático: 142 cm.

Horizontes	O/A	Bt	2Cgss
Profundidad (cm)	0-4	4-19	19-45+
pH (pasta)	-	5,91	7,97
Resistencia (pasta) (Ω)	-	296,4	91,2
Expansión Libre	-	125	195
Densidad Aparente	-	-	1,21

PERFIL: F5

UBICACION: S 34°49'57.80" - O 58° 0'37.50"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 2 m

RELIEVE: Plano cóncavo

PERMEABILIDAD: extremadamente lenta

ANEGAMIENTO: muy frecuente

DRENAJE: Imperfectamente Drenado

VEGETACIÓN: *Solanum glaucophyllum*, *Mentha*, *Solanum sisymbriifolium*.

COBERTURA VEGETAL: 90%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Epiacuert típico.

- Oi** 7-0 cm; pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo; migajosa; friable; húmedo; raíces muy abundantes.
- Bt** 0-13 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcilloso; bloques angulares, medios, fuertes; duro, firme, plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; slickensides; moteados comunes; concreciones de Fe/Mn escasas; húmedo.
- 2Cg** 13-55+ cm; gris (5Y 5/1) en húmedo; arcilloso; firme, plástico y adhesivo; moteados escasos, débiles; húmedo.

Nivel freático: 107 cm.

Horizontes	Oi	Bt	2Cg
Profundidad (cm)	7-0	0-13	13-55+
pH (pasta)	5,07	5,92	7,45
Resistencia (pasta) (Ω)	524,4	336,3	188,1
Expansión Libre	50	95	190

PERFIL: F6

UBICACION: S 34°49'36.50" - O 58° 0'21.40"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 2,5 m

RELIEVE: Plano

PERMEABILIDAD: lenta

ANEGAMIENTO: ocasional

DRENAJE: Imperfectamente Drenado

VEGETACIÓN: *Vicia sativa*, *Mentha*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Endoacuert típico.

- Oi** 3-0 cm; pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo; migajosa; húmedo; límite neto.
- Btss** 0-25 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillosa; prismas gruesos, fuertes; firme, plástico y adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; slickensides escasos.
- 2BCss** 25-52+ cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillosos; bloques angulares medios, fuertes; moteados de Fe/Mn abundantes, finos y medios, sobresalientes; firme; slickensides abundantes; húmedo.

Nivel freático: 131 cm.

Horizontes	Oi	Btss	2BCss
Profundidad (cm)	3-0	0-25	25-52+
pH (pasta)	-	5,18	7,19
Resistencia (pasta) (Ω)	-	396,7	77,5
Expansión Libre	-	80	200

PERFIL: F9

UBICACION: S 34°49'1.30" - O 57°59'12.00"

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 2 m

RELIEVE: Plano

PERMEABILIDAD: muy lenta

ANEGAMIENTO: ocasional

DRENAJE: Pobremente Drenado

VEGETACIÓN: *Cirsium vulgare*, *Cynodon*.

COBERTURA VEGETAL: 100%

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Endoacuert típico.

- A** 0-3 cm; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; arcilloso; migajosa; duro, firme; raíces muy abundantes; límite neto.
- Btss1** 3-20 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcilloso; prismas regulares, gruesos, fuertes, que rompen a bloques angulares fuertes; barnices arcillohúmicos abundantes; abundantes slickensides; límite gradual.
- Btss2** 20-62 cm; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; barnices arcillohúmicos abundantes; superficies de deslizamiento; concreciones subredondeadas de Fe/Mn abundantes; moteados de fe/Mn abundantes, medios, precisos; húmedo.
- BCssg** 62-75+ cm; gris oscuro (2,5Y 4/1) en húmedo; arcilloso; firme, plástico, adhesivo; slickensides abundantes; húmedo.

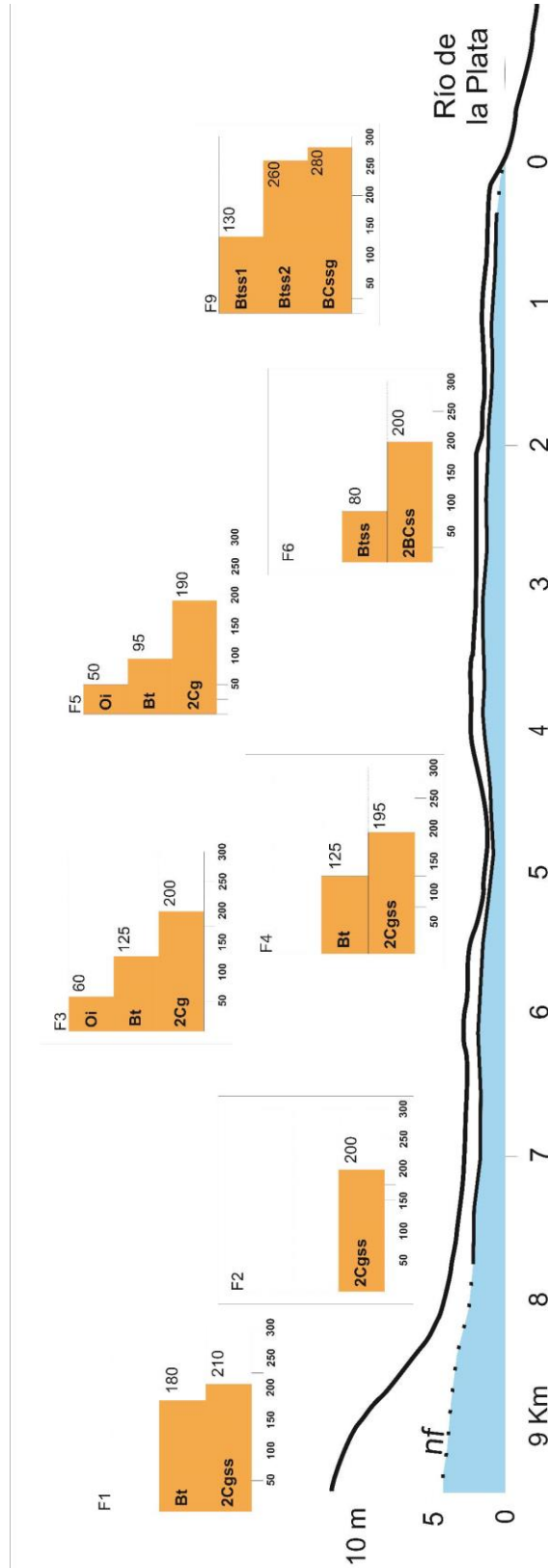
Nivel freático: 140 cm.

Horizontes	A	Btss1	Btss2	BCssg
Profundidad (cm)	0-3	3-20	20-62	62-75+
pH (pasta)	-	6,35	7,34	7,82
Resistencia (pasta) (Ω)	-	159,6	110,6	77,5
Expansión Libre	-	130	260	280

En algunos horizontes no se ha determinado la estructura debido al alto grado de humedad.

II. Perfiles longitudinales.

Topografía, Nivel freático medio, Expansión libre en diferentes horizontes de suelo.



Distribución del contenido de Materia Orgánica.

