

Trabajo Final de la Licenciatura en Geología

**“Estudio cartográfico de detalle para los suelos de la
Estacion Experimental Integrada, Gorina, Partido de La Plata”.**

Alumna: Iris Coppola.

Director: Daniel Muntz.
Codirector: Pablo Ontivero.

2023

RESUMEN.

El presente Trabajo Final de Licenciatura plantea que el uso intensivo y extensivo de los suelos implica cambios continuos en sus propiedades morfológicas, físicas y químicas. A partir de dicha situación propone la evaluación del impacto que las actividades antrópicas pueden ejercer sobre el suelo de la Estación Experimental Integrada de Gorina con el fin de atenuar la posibilidad de su degradación en el tiempo.

El objetivo general consiste en proporcionar herramientas de gestión territorial efectivas, orientadas a optimizar la calidad ambiental del territorio y la capacidad productiva de la zona, a través de la cartografía temática, junto con la interrelación de información geomorfológica, pedológica, física y química obtenidas en las instancias de campo y laboratorio, y optimizadas por medio de un Sistema de Información Geográfica.

Las tareas necesarias para llevar a cabo el presente trabajo consistieron en recopilación de antecedentes bibliográficos y cartográficos en conjunto con tareas de campo y laboratorio. El trabajo de campo consistió en la realización de seis calicatas, la ubicación de las mismas se basó en diferentes variables obtenidas en la revisión bibliográfica: unidades cartográficas, cotas, presencia/ausencia de decapitación y usos del suelo. Conjuntamente se realizó la identificación y descripción de los horizontes en cada perfil de suelo y se procedió con la toma de muestras. En laboratorio se efectuaron análisis de rutina de los parámetros físicos y químicos básicos para poder clasificar a los suelos según el sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017). Por último, a partir de las imágenes captadas a través de un dron se procedió a generar un mosaico como mapa base para la realización de mapas temáticos a una escala de 1:5.500.

Como resultado los suelos de la Estación Experimental Integrada han sido clasificados como Hapludert Típicos según el sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017). Desde el punto de vista químico son suelos fértiles, provistos de materia orgánica, con valores de pH que rondan entre los 6-7 y carecen de tenores nocivos de sodio intercambiable o sales solubles. Desde el punto de vista físico poseen algunas limitaciones derivadas de los tenores elevados de arcilla. En cuanto a la cartografía se realizaron cuatro mapas temáticos: topográfico, geomorfológico, básico de suelos y de capacidad de uso. A partir de los análisis cartográficos y edafológicos de la información generada en este trabajo se discriminaron dos unidades cartográficas para Serie

determinada: la unidad cartográfica GO (Consociacion de Serie Gorina), la cual es coincidente con la unidad geomorfológica Interfluvio Convexo y la unidad cartográfica GO1 (Consociacion de Serie Gorina fase inclinada), la cual coincide con la unidad geomorfológica denominada Área con Pendiente.

A partir del Mapa Utilitario de Capacidad de Uso, se determinó que los suelos del sector NO corresponde a la sub clase utilitaria IIs, dado que presenta horizontes de buena aptitud agrícola en su configuración, con restricciones dadas por los elevados tenores de arcilla en el sector iluvial más somero, y por las altas manifestaciones de expansión contracción de las arcillas presentes en sus horizontes. Por otra parte, el sector SE corresponde a la sub clase IIIs, manifestando problemáticas similares al anterior caso, con el agravante de los elevados valores de pendiente en dirección al arroyo, devenidos en riesgos de erosión.

De esta manera se demuestra la importancia que conlleva un estudio integral de la zona, que permita establecer criterios adecuados en la toma de decisiones para un correcto ordenamiento territorial con el fin de mejorar la capacidad productiva de la zona y la calidad ambiental.

INDICE.

1. INTRODUCCION.....	5
2. AREA DE ESTUDIO.....	7
2.1 Ubicación del área de estudio.....	7
2.2 Clima.....	8
3. MARCO GEOLOGICO.....	10
3.1 Topografía e hidrología.....	10
3.2 Geomorfología.....	13
3.3 Suelos.....	14
4. MATERIALES Y METODOS.....	16
4.1 Recopilación y evaluación de antecedentes.....	16
4.2 Reconocimiento y tareas de campo.....	16
4.3 Tareas de laboratorio.....	19
4.3.1 Análisis físicos.....	19
a. Análisis granulométrico por método del hidrómetro (Bouyoucos, 1951).....	19
b. Ensayo de Expansión Libre (Abete y Sánchez, 1970).....	20
c. Factor de humedad del suelo por método gravimétrico (Alcalá de Olmo, 1995).....	21
4.3.2 Análisis químicos.....	21
a. Determinación de Materia Orgánica (Allison, 1965).....	21
b. Determinación de pH en pasta (Peech, 1965).....	22

c. Resistencia eléctrica (Richards, 1973).....	23
4.4 Relevamiento topográfico.....	23
4.5 Interpretación y generación de cartografía temática.....	26
5. RESULTADOS.....	28
5.1 Resultados de las características morfológicas y técnicas analíticas para la caracterización de los suelos.....	28
5.2 Resultados del relevamiento topográfico.....	40
6. CONCLUSIONES.....	46
7. AGRADECIMIENTOS.....	50
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	51

1. INTRODUCCIÓN.

Históricamente, la actividad agrícola en la República Argentina ha venido desarrollando técnicas de manejo y control sobre los suelos productivos en búsqueda de rentabilidades mayores, en conjunto con la posibilidad de reducir impactos degradativos sobre el recurso ante el sucesivo uso. La optimización de estas labores agrícolas requiere necesariamente contar con información precisa del medio natural (en algunos casos antropizado), que permita realizar una correcta planificación en los sectores productivos de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones, sin dejar de tener en cuenta la sustentabilidad de sus recursos.

Se conoce que el uso intensivo y extensivo de los suelos implica cambios continuos en las propiedades morfológicas, físicas y químicas de los mismos, con consecuencias muchas veces irreversibles ante prácticas y manejos que no tengan en consideración sus condiciones naturales intrínsecas y extrínsecas. Conocer el medio natural, en conjunto con la evaluación del impacto que las actividades antrópicas pueden ejercer sobre el mismo, permite desarrollar prácticas y técnicas responsables en su uso intensivo y extensivo, atenuando la posibilidad de su degradación en el tiempo.

En este aspecto, la Estación Experimental Integrada (EEI), área de estudio del presente trabajo, situada en la localidad de Gorina (partido de La Plata, provincia de Buenos Aires), tiene como objetivo principal el contribuir al desarrollo sustentable del sector agropecuario, agroalimentario y agroindustrial. Dentro de sus actividades destacadas se encuentran las prácticas de sistemas hortícolas tradicionales y bajo cubierta. Estas prácticas, buscan promover los mecanismos naturales de control de plagas y enfermedades, mejorando y manteniendo la fertilidad física, química y biológica del suelo. Además, tiene entre sus objetivos investigar alternativas de saneamiento y mitigación de problemas de salinización de suelos.

A partir de los objetivos y las actividades llevadas a cabo en la EEI, surge la necesidad de realizar un estudio que contribuya al conocimiento tanto de las características naturales, como de las modificaciones que las afectaron, con el cual se pueda realizar una constante actualización de los cambios que se vayan introduciendo en el territorio en

cuestión, y que sea de utilidad para la toma de decisiones futuras sobre el uso de los suelos del predio.

1. Objetivos.

1.1 Objetivo general.

Este trabajo de Tesis Final de Licenciatura tiene como objetivo general proporcionar herramientas de gestión territorial efectivas, orientadas a mejorar la calidad ambiental del territorio y la capacidad productiva de la zona, a través de la cartografía temática, junto con la interrelación de información geomorfológica, pedológica, física y química obtenidas en las instancias de campo y laboratorio, y optimizadas por medio de un Sistema de Información Geográfica. A su vez, se pretende brindar información que sea de utilidad tanto al personal técnico de la Estación Experimental, como a los entes provinciales y nacionales vinculados con la actividad, aportando además a la difusión del conocimiento en diferentes niveles del sistema industrial y educativo.

2. Objetivos específicos.

- a.** Caracterizar los suelos de la EEI a partir de sus propiedades morfológicas, físicas y químicas a los fines de clasificarlos según la Taxonomía de Suelos y la Capacidad de Uso.
- b.** Comparar las propiedades determinadas en el inciso a, en función de usos actuales, posición en el paisaje, secuencias de horizontes descrita, unidades geomorfológicas antecedentes, entre otros.
- c.** Generar un levantamiento topográfico de la EEI a partir del uso de un dron y elaborar diversos mapas temáticos a escala 1:5.500 en base a la información obtenida en las distintas instancias del trabajo.

2. AREA DE ESTUDIO.

2.1 Ubicación.

La Estación Experimental Integrada (EEI) se encuentra ubicada en las calles 501 y 149 en la localidad de Gorina partido de La Plata, al NE de la provincia de Buenos Aires, Argentina (**Figura 1**). Sus coordenadas geográficas son latitud $34^{\circ} 55' 1.97''$ S y $34^{\circ} 54' 36.66''$ S y longitud $58^{\circ} 2' 29.78''$ O y $58^{\circ} 2' 6.55''$ O, con una extensión total de aproximadamente 32 hectáreas.



Figura 1: Ubicación regional y local del área de estudio.

Está ubicada a 10 km al NO del centro de la ciudad de La Plata, la cual limita al NE con los partidos de Ensenada y Berisso, al NO con los de Berazategui y Florencio Varela, al SO y al S con San Vicente y Coronel Brandsen y al SE con el partido de Magdalena,

ocupando una superficie de 893 km². Según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el año 2022, el partido de La Plata cuenta con una población de 772.618 habitantes distribuidos en las siguientes delegaciones municipales: Villa Elisa, Arturo Seguí, El Peligro, City Bell, Gonnet, Ringuelet, Tolosa, Hernández- Gorina, San Carlos, Melchor Romero, Abasto, Olmos, Los Hornos, Etcheverry, Altos de San Lorenzo y Villa Elvira.

2.2 Clima.

Las características climáticas del partido de La Plata fueron determinadas a partir de los datos aportados por la Estación Climatológica La Plata, la cual depende del Departamento de Sismología e Información Meteorológica, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP), situada en latitud 34° 55' S y longitud 57° 57' O, altitud de 15 m.s.n.m.

Según Hurtado et al., (2006), el valor medio de las precipitaciones anuales para el período considerado fue de 1040 mm con una distribución estacional regular, registrándose como el mes más lluvioso marzo con 111 mm y junio como el mes menos lluvioso con 63 mm. La temperatura media anual posee valores de 16,2° C, siendo enero el mes más cálido (22,8°C) y julio el más frío (9,9°C). Según el método de Thornthwaite (1948) adaptado para la República Argentina por Burgos y Vidal (1951), le corresponde a la zona un clima subhúmedo, mesotermal con nula o baja deficiencia de agua y baja concentración térmica estival.

Otro factor de relevancia, es el viento, según los valores obtenidos posee una intensidad media anual de 12 km/h, predominando los vientos del Este y secundariamente los de NE y NO. La humedad relativa media anual es de 77 %, variando entre 85% (junio) y 70% (enero) (Auge et al., 1995).

A partir del balance hídrico mensual realizado por Hurtado et al., (2006) según el método de Thornwaite y Mather (1957), con los datos obtenidos durante este período, se determinó el régimen de humedad de acuerdo a la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2014). Clasificando al régimen del suelo donde se encuentra ubicada la EEI como Údico, ya que son suelos zonales bien drenados. El régimen de temperatura, por otra parte, se estableció a partir de la medición de la temperatura del aire según las normas

planteadas por la Taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 2014). En base a los valores obtenidos se determinó que la temperatura media anual del suelo a los 50 cm de profundidad es de 17,2°C, con temperaturas de 24,1°C en verano y de 11°C en invierno. De acuerdo a estos datos, se determinó que para los suelos del partido de La Plata se corresponden con el régimen de temperatura del suelo térmico.

3. MARCO GEOLOGICO.

3.1 Topografía e hidrología.

Dentro del partido de La Plata se diferencian dos regiones teniendo en cuenta criterios como origen y tipo de materiales de cobertura, estratigrafía, litología, geoformas y procesos generadores: la Llanura Costera y Llanura Alta (Cavalloto, 1995). Dichas regiones, a su vez, han sido denominadas Área de Influencia Estuárico-marina y Área de Influencia Continental, respectivamente (Hurtado et al., 2006).

La Estación Experimental Integrada (EEI), se encuentra comprendida dentro del área denominada Llanura Alta. Dicha área comprende por encima de los 5 m.s.n.m. la totalidad del partido platense (**Figura 2**).

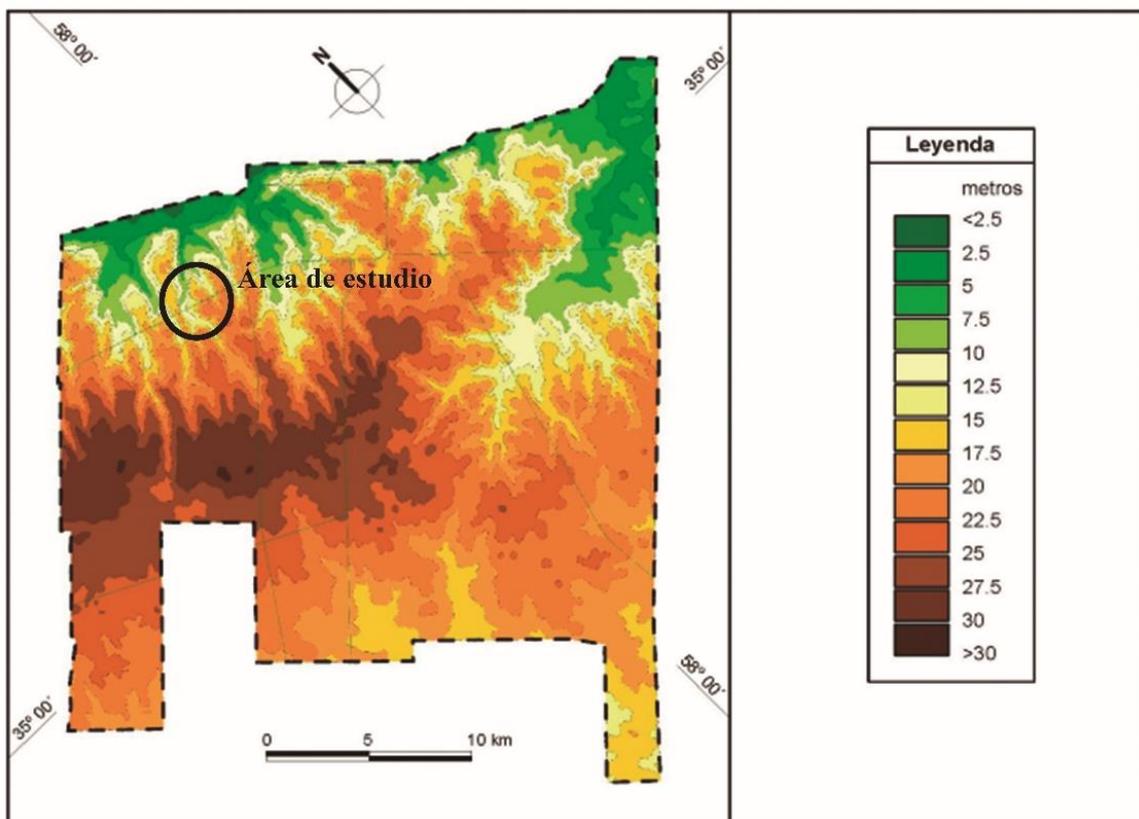


Figura 2: Topografía del área de estudio. Imagen tomada y modificada de Hurtado et al., 2006.

Dentro de la misma se halla un interfluvio principal, con dirección NO-SE, el cual se extiende desde cotas de 30 m.s.n.m. (NO) hasta cotas cercanas a los 20 m.s.n.m. hacia el SE. Este interfluvio, conserva un relieve plano y funciona como divisoria de aguas entre

las vertientes principales del partido, hacia el N la vertiente del río de La Plata y la del río Samborombón hacia el S, dichas vertientes manifiestan características muy diferentes entre sí en cuanto al relieve (**Figura 3**).

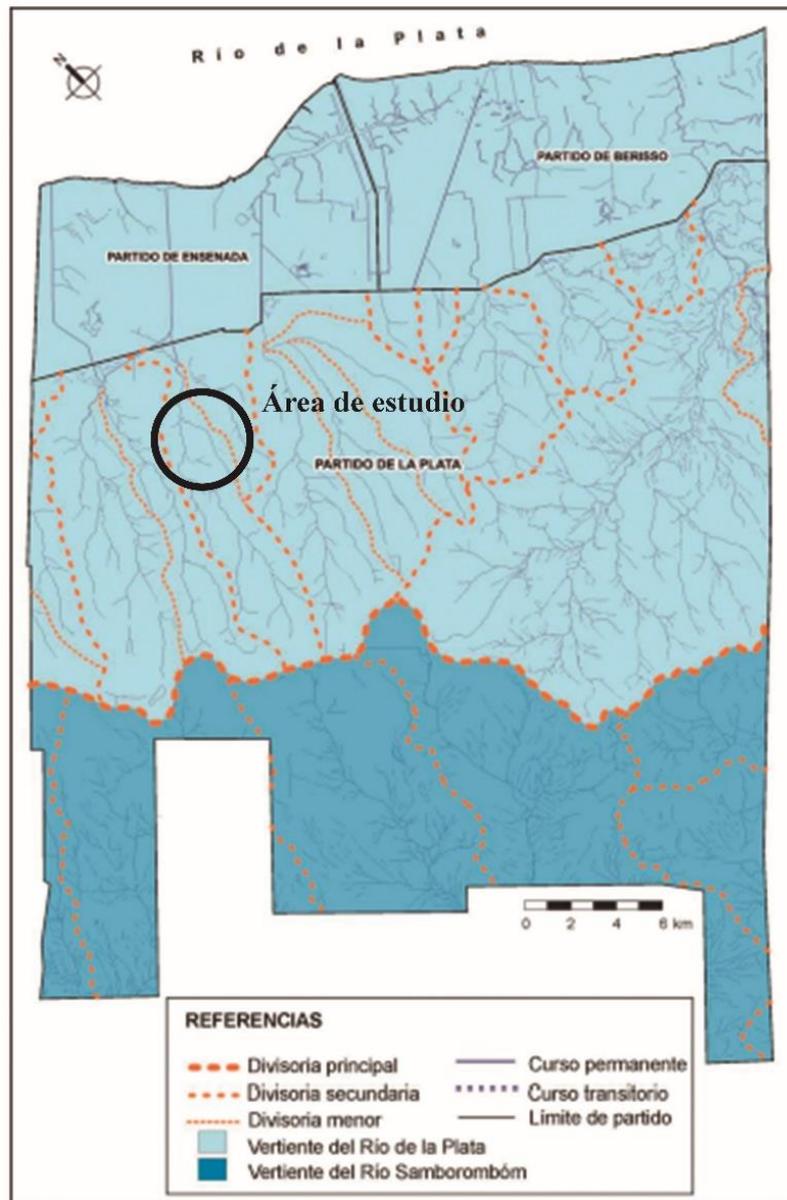


Figura 3: Hidrología del área de estudio. Imagen tomada y modificada de Martegani, 2018.

La vertiente del río de La Plata abarca el sector del área de estudio y se encuentra constituida por una serie de arroyos con rumbo de escurrimiento SO-NE, los cuales desembocan en la Llanura Costera y no en el río de La Plata. Según Hurtado et al., 2006 esto ocurre como consecuencia del cambio de pendiente a nivel regional entre la costa del río de La Plata y la cota de 5 m.s.n.m., la cual se reduce significativamente (<0,03%) ocasionando una disminución de energía en los arroyos y cursos divagantes. Dicha vertiente se encuentra constituida de NO a SE, en parte por las cuencas de los arroyos

Pereyra y San Juan y enteramente por las cuencas de los arroyos Carnaval, Martín, Rodríguez, Don Carlos, el Gato, Pérez, Regimiento, Jardín Zoológico, Circunvalación, Maldonado, Garibaldi y El Pescado.

La Estación Experimental Integrada, está comprendida dentro de las cuencas de los arroyos Rodríguez-Don Carlos (**Figura 4**).

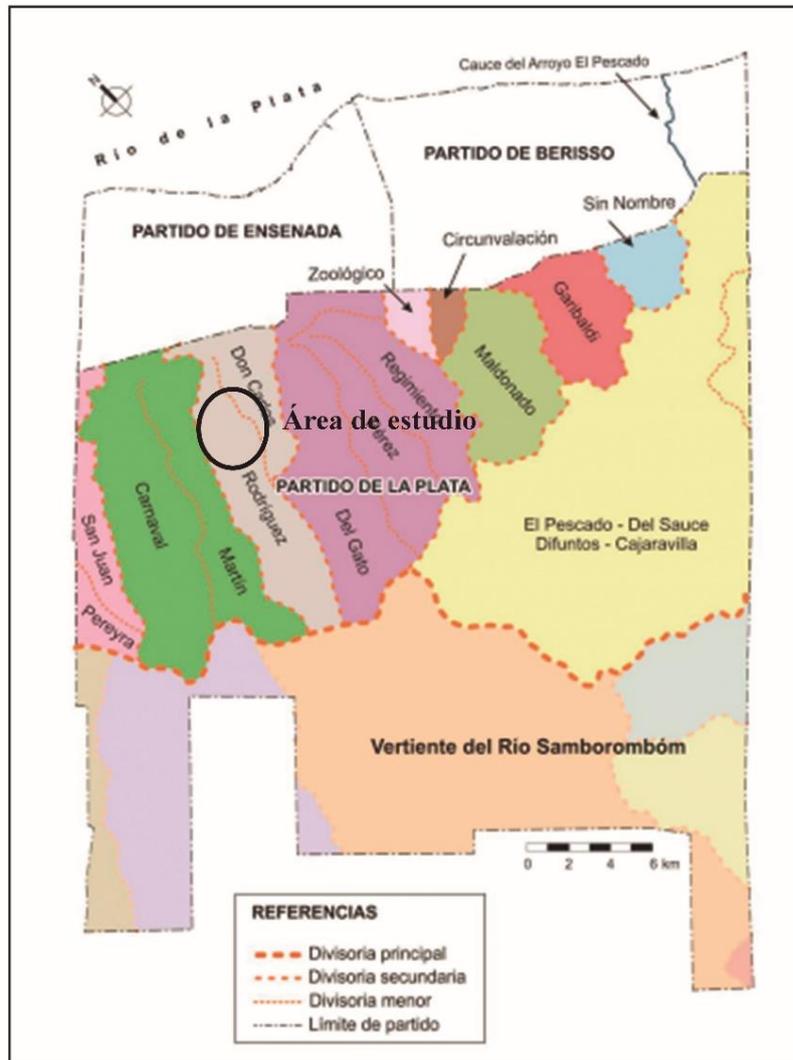


Figura 4: Cuencas de la vertiente del río de La Plata que abarcan el área de estudio. Imagen tomada y modificada de Ronco et al., 2016.

El arroyo Rodríguez tiene su origen a partir de la unión de tres cursos transitorios y a partir de los 17 m.s.n.m aproximadamente se convierte en un curso de agua permanente con rumbo S-N y una extensión de aproximadamente 4 km, luego modifica su rumbo en dirección SO-NE hasta desembocar en la Planicie Costera. En los alrededores del Camino General Belgrano, desemboca sobre su margen derecho un curso de carácter transitorio

que tiene su origen en cotas cercanas a los 20 m.s.n.m en la localidad de Gorina, partido de La Plata. El arroyo Don Carlos, posee una extensión de 4 km con rumbo S-N, es de carácter permanente casi en su totalidad. A partir de la localidad de Gonnet se encuentra entubado y canalizado hasta desembocar en el arroyo Rodríguez.

3.2 Geomorfología

Como se mencionó con anterioridad, dentro del partido de La Plata se caracterizan dos áreas geomorfológicamente diferentes: el Área Estuárico-Marina y el Área de Influencia Continental, separadas por una zona denominada Zona de Origen Mixto (Cabral, 2000; Hurtado et al. 2006).

El área de estudio se ubica dentro del Área de Influencia Continental. Dicha área pertenece a la región de la Pampa Ondulada y está constituida por sedimentos loésicos eólicos o retrabajados por el agua, caracterizándose por presentar un modelado fluvial con suaves ondulaciones que afectan a esos depósitos loésicos. Según otros autores también puede denominarse como Zona Interior (Fidalgo y Martínez, 1983) o Llanura Alta (Cavalloto, 1995). En ella, y como se ha comentado con anterioridad, se pueden distinguir dos vertientes, del río de La Plata y del río Samborombón, separadas por un área de relieve plano que actúa como divisoria denominada Interfluvio Plano. Además del Interfluvio Plano, la zona está constituida por otras unidades geomorfológicamente diferentes tales como: Interfluvio Convexo, Área con Pendiente, Planicie de Inundación, Cañadas, Cubetas de Deflación y Lagunas (**Figura 5**).

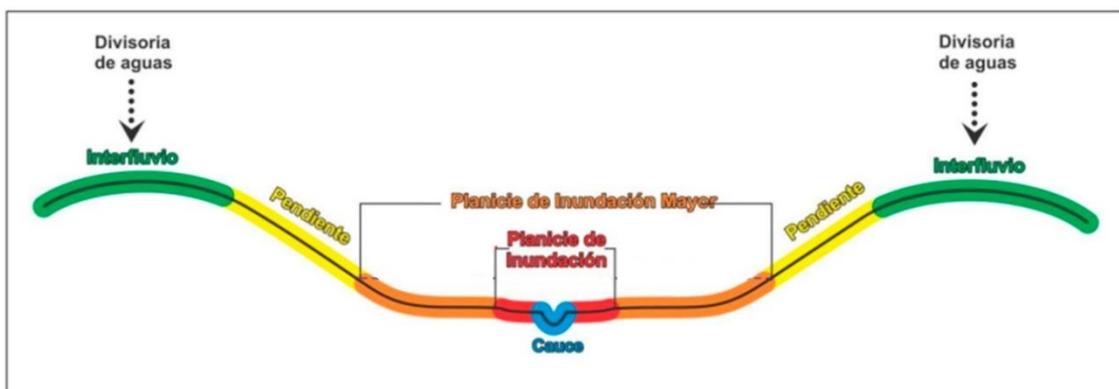


Figura 5: Delimitación de las unidades geomorfológicas. Imagen tomada y modificada de Cabral et al., 2016.

La Estación Experimental Integrada ocupa un sector constituido según sus características geomorfológicas por las unidades Interfluvio Convexo y Área con Pendiente. El Interfluvio Convexo corresponde a zonas elongadas plano-convexas, con una orientación suroeste-noreste, que funcionan como divisorias de aguas entre los arroyos y afluentes de la Llanura Interior (Cabral et al., 2016). Por otro lado, el Área con Pendiente comprende las zonas localizadas entre las Planicies de Inundación de los arroyos y los Interfluvios Convexos, que constituyen las paredes de los antiguos valles fluviales (Cabral et al., 2016).

3.3 Suelos

Los suelos del área de estudio, según la caracterización geológica y geomorfológica de Hurtado et al., (2006) son suelos desarrollados sobre sedimentos de origen continental. Forman parte de interfluvios convexos y pendientes de la vertiente del río de La Plata en donde se observa una distribución relativamente homogénea del suelo. Son suelos zonales, de perfiles fuertemente desarrollados en los cuales el clima y la vegetación cumplen un rol fundamental en su génesis. Suelen presentar horizontes A oscuros y de gran espesor, con presencia de moteados, producto de la saturación con agua producida por la menor permeabilidad de los horizontes subyacentes, potenciado en la unidad geomorfológica Área con Pendiente. Las unidades cartográficas mencionadas en Hurtado et al, (2006) que conforman el suelo de la Estación Experimental Integrada (EEI), son las unidades Go para el Interfluvio Convexo y Go1 para el Área con Pendiente. Estos suelos pertenecen a la Consociación de la Serie Gorina, clasificados según la clasificación del sistema de Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 2014) como Hapludertes típicos, fina, montmorillonítica, térmica.

3.3.1 Descripción de las unidades cartográficas y taxonómicas.

- **Unidad cartográfica GO (Consociación de la Serie Gorina)**

Los suelos de esta serie se ubican en gran parte en los interfluvios convexos y pendientes suaves situados entre los arroyos Rodríguez y Don Carlos. La unidad puede contener inclusiones de suelos cuyas características difieren en alguna medida de la serie Gorina, principalmente el contenido de arcilla del horizonte superficial, y que corresponderían en su mayor parte a la serie Arturo Seguí. Se trata de una unidad con buenas condiciones

para la agricultura, aunque presentan algunas limitaciones por permeabilidad lenta y dificultades en el enraizamiento derivadas de los altos contenidos de arcilla desde superficie. Desde el punto de vista ingenieril, la unidad presenta limitaciones por la alta capacidad de expansión-contracción de los suelos, lo que se refleja en grietas en muros, pisos y rotura de tuberías subterráneas (Hurtado et al., 2006).

- **Unidad cartográfica GO1 (Consociación de la Serie Gorina, fase inclinada)**

Esta unidad incluye suelos de la serie Gorina ubicados en las pendientes que descienden a las planicies aluviales de arroyos Rodríguez y Don Carlos. Las pendientes son generalmente del 2 al 3 %, pudiendo llegar a veces al 4% y la longitud es generalmente de 200 a 300 metros. La variación respecto al perfil modal radica en el menor espesor que se observa frecuentemente en el horizonte A debido a erosión hídrica superficial. Esta situación se observa especialmente cuando se realizan cultivos hortícolas en sentido de la pendiente con riego por surcos, lo cual favorece el escurrimiento superficial (Hurtado et al., 2006).

4. MATERIALES Y METODOS.

4.1 Recopilación y evaluación de antecedentes.

En primera instancia se realizó la recopilación y evaluación de información antecedente, entre las que se encuentran: imágenes satelitales, fotomosaicos, trabajos de divulgación científica, informes técnicos, entre otros. A partir de la misma se pudo realizar una identificación preliminar de las áreas representativas del sector de estudio y en base a eso planificar las tareas a desarrollar.

4.2 Reconocimiento y tareas de campo.

Teniendo en consideración la información adquirida previamente se diagramaron las tareas de campo. Con el fin de determinar las características de los suelos se realizaron seis sondeos tipo calicatas de aproximadamente 120 cm de profundidad, distribuidas en las áreas seleccionadas (**Figura 6**). La elección de la ubicación de dichas calicatas se basó en diferentes variables obtenidas en la revisión bibliográfica, a saber:

- a) Unidades cartográficas definidas para el predio.
- b) Cotas.
- c) Presencia/ausencia de decapitación
- d) Usos del suelo.



Figura 6: Calicatas distribuidas en áreas seleccionadas.

La descripción de los perfiles de suelos se basó en los criterios desarrollados en Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2017), y contó con la determinación de la secuencia de horizontes de los perfiles, en conjunto con la descripción de los rasgos morfológicos, los cuales fueron observados en el campo y documentados en ficha pedológica. Los horizontes se identifican en parte por su propia morfología y en parte por comparación con las propiedades de los horizontes suprayacentes y subyacentes. En dicha descripción se determinaron propiedades tales como:

- Profundidad del sondeo: profundidad de la calicata expresada en centímetros hasta alcanzar la base del sólum.
- Espesor del horizonte: espesor entre el límite superior y el límite inferior del horizonte, expresado en centímetros.
- Límite: pasaje de un horizonte al subyacente. Se caracteriza por dos rasgos: tipo (su espesor) y topografía (su morfología).
- Color: propiedad espectral del suelo. Se determinó en muestras no molidas tanto húmedas como secas al aire mediante comparación visual haciendo uso del sistema Munsell.

- Textura al tacto: propiedad física determinada a partir del amasado en mojado de una porción de horizonte entre el dedo pulgar y el índice, apreciando su aspereza o suavidad y la capacidad de ser modelada (plasticidad) y de pegarse a los dedos (adhesividad), con el fin de obtener proporciones de las partículas primarias (arena, limo y arcilla)
- Estructura: agrupamiento de las partículas primarias. Consiste en observar cómo se encuentran agrupadas las mismas en cuerpos compuestos de mayor tamaño denominados “agregados” o “unidades estructurales”, su tamaño y su expresión en el perfil.
- Consistencia: propiedad física que considera el grado de cohesión y adherencia, o resistencia a la deformación o rotura, de un agregado estructural en diferentes estados de humedad: seco, húmedo y mojado.
- Reacción del suelo (pH): índice del grado de acidez o alcalinidad del suelo. Se determinó a través de un indicador líquido denominado Reactivo Universal, el cual permite apreciar con una aproximación de 0,5 unidades el pH del suelo en el intervalo de 4 a 8, según la variación de color.
- Carbonato de calcio pedogenético: sal de origen pedogenético cuya presencia se determinó a través del empleo de HCl (ácido clorhídrico), observándose distintos niveles de efervescencia. Es posible encontrarlo en la masa, como concreción o muñequillos de mayor tamaño.
- Rasgos hidromórficos: rasgo morfológico en forma de pátinas bidimensionales (moteados) o cuerpos tridimensionales (concreciones) que se originan por reducción y oxidación de elementos metálicos polivalentes como el hierro y el manganeso.
- Cutanes de iluviación: rasgo morfológico en forma de película brillante de composición arcillosa y/o húmica que se encuentra sobre los agregados de algunos horizontes subsuperficiales como el Bt. Se forman como consecuencia de la deposición de arcilla proveniente de horizontes superiores (iluviación).
- Slickensides (superficies de deslizamiento): rasgo morfológico en forma de plano lustroso y estriado que se encuentra generalmente con una inclinación de 45° en sectores del suelo donde existe abundante arcilla expandible del tipo montmorillonítica.

- Chorreaduras de materia orgánica: sector en el perfil del suelo que señala la translocación de material de los horizontes superiores por las grietas.
- Presencia de raíces: estimación de la densidad radicular de la vegetación en cada uno de los horizontes constituyentes del perfil.

De forma complementaria, se describieron características superficiales tales como relieve, pendiente y porcentaje de cobertura vegetal. También, se definieron variables que implican una condición superficial y subsuperficial, como es la Clase de Drenaje Natural y la permeabilidad.

Finalmente, se extrajeron muestras de cada horizonte de los perfiles de suelo efectuados, las cuales fueron utilizadas para la determinación de variables físicas y químicas en laboratorio, esenciales para la clasificación de los suelos por el sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017). Cada muestra fue colocada en una bolsa individual con la rotulación correspondiente al horizonte y calicata a la cual pertenece, con el fin de evitar contaminación y confusión a la hora de efectuar los análisis ulteriores. Conjuntamente se tomaron fotos de cada perfil de suelo.

4.3 Tareas de Laboratorio.

Las técnicas analíticas se efectuaron sobre un total de 30 muestras para determinar variables físicas y químicas, y así, completar la caracterización del suelo iniciada en instancias anteriores.

A- Análisis físicos:

A1- Análisis granulométrico por método del hidrómetro (Bouyoucos, 1951).

Este ensayo separa y cuantifica las proporciones de arena, limo y arcilla de una muestra de suelo. Para poder llevarlo a cabo la muestra debe estar dispersada en una suspensión acuosa. El método consiste en determinar la cantidad de sólidos en suspensión, midiendo su densidad mediante un densímetro o hidrómetro (ASTM D422, 152-H). Se pesaron 50 gr de muestra, se la colocó en un vaso de precipitado y se agregaron 100 ml de solución de hexametáfosfato de sodio al 5 %. Se dejó reposar (dispersión química) y se llevó a agitadora eléctrica para generar la dispersión física.

Se trasvaso a una probeta Bouyoucos y se enraso con 1130 ml de agua destilada con el hidrómetro sumergido (**Figura 7**). Se realizaron dos lecturas; una a los 40 segundos de agitar la suspensión la cual corresponde al tenor de arcilla + limo en suspensión y la otra a las 2 horas la cual corresponde a la fracción arcilla en suspensión. Se tomó la temperatura de las muestras luego de cada lectura y se efectuaron las correcciones correspondientes. El dato final se obtuvo considerando el peso de suelo seco y refiriéndolo a 100, ya que las fracciones se expresan en %.



Figura 7: Probetas enrasadas posterior a la toma de la primer lectura.

A2- Ensayo de expansión libre (Abete y Sánchez, 1970).

Este ensayo se define como el incremento de volumen que sufre un suelo cuando se sumerge en agua. El método se efectúa sobre la fracción de suelo seco en estufa (105 °C) que pasa por el tamiz 40. En una probeta graduada con 100 cm³ de agua se colocaron 10 cm³ de la muestra de suelo (**Figura 8a**). Una vez producida la sedimentación, se procedió a leer el volumen del material expandido (**Figura 8b**). El resultado fue expresado como aumento porcentual entre volumen final y el volumen inicial. La escala de valores es: <50 % expansividad baja, entre 50 y 90 % expansividad moderada y >90% expansividad alta.

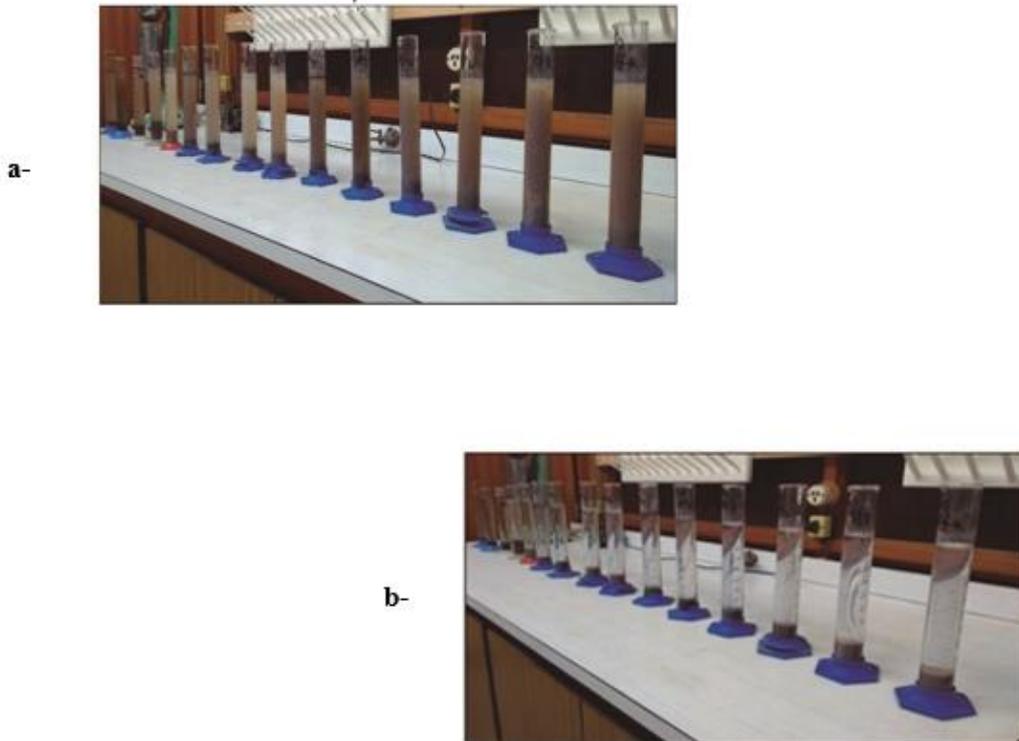


Figura 8: a- Probeta graduada con 100 cm³ de agua y 10 cm³ de la muestra de suelo. b- Sedimentación de la muestra de suelo.

A3- Factor de humedad del suelo por método gravimétrico (Alcalá del Olmo, 1995).

Para determinar el factor de humedad de un suelo se utiliza suelo molido, tamizado por malla de 2 mm y seco al aire. El método utilizado para determinar el valor de agua higroscópica fue el método gravimétrico, que se calcula por diferencia de peso entre una muestra de suelo con un determinado grado de humedad y la misma muestra seca a estufa. Se colocaron 10 gr de suelo en un pesafiltro previamente pesado, luego se colocó a estufa (120 °C) durante 40 minutos y se volvió a tomar el peso. A partir de los cálculos con las formulas propias de este método se determinó el valor de humedad presente en cada muestra, dicho valor se expresa en forma porcentual.

B- Análisis químicos:

B1- Determinación de materia orgánica (Allison, 1965).

Para determinar el contenido de materia orgánica de un suelo, se debe determinar analíticamente el porcentaje de su principal componente, el carbono orgánico. El

método utilizado fue el de Walkley-Black; consistió en oxidar la materia orgánica mediante un agente oxidante $K_2Cr_2O_7$ (dicromato de potasio) agregado en exceso y en presencia de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) (**Figura 9**). Luego de la oxidación de la materia orgánica, donde se liberó CO_2 y H_2O (técnica realizada dentro de la campana para evitar la proliferación de los gases), se valoró el exceso de $K_2Cr_2O_7$ mediante una sustancia reductora $Fe SO_4 7H_2O$ (sulfato ferroso heptahidratado) en presencia de un indicador (ferroina) que permite la visualización del punto estequiométrico cuando la solución adquiere un color borraavino. Se considera que la materia orgánica del suelo contiene alrededor de 58% de carbono orgánico; por ello, multiplicando el porcentaje de C obtenido por 1,724 (factor de Van Bemmelen) se obtiene el porcentaje de materia orgánica.



Figura 9: Oxidación de la materia orgánica mediante agente oxidante K_2CrO_7 (Dicromato de potasio).

B2- Determinación de pH en pasta (Peech, 1965).

La determinación en pasta saturada corresponde aproximadamente a una relación suelo-agua de 1:1 en volumen. Para realizar el ensayo se colocó en un recipiente aproximadamente 150 gr de suelo seco al aire y tamizado por una malla de 2mm. Se agregó agua destilada en pequeños volúmenes, revolviendo con una espátula hasta la aparición de una película brillante sobre la superficie, sin que haya agua en exceso.

Por último se colocó en el recipiente el electrodo del medidor de pH y se procedió a colocar el aparato en posición de medida y así obtener el valor de pH.

B3- Resistencia eléctrica (Richards, 1973).

Es un método rápido que da idea del contenido de sales solubles en el suelo. La resistencia eléctrica es afectada por el grado de disociación de las sales, los cationes intercambiables, la humedad y la temperatura. Tiene una relación inversamente proporcional al contenido de sales presentes en el suelo. Dicho método, se efectuó en una pasta de suelo saturada con agua, similar a la utilizada para medir pH, colocada en una copa estándar conectada a un resistivímetro donde se mide la resistencia, cuyo valor se coloca en ohms (Ω).

4.4 Relevamiento topográfico.

Posterior al análisis de los perfiles de suelo, se procedió a realizar una salida de campo para efectuar el relevamiento topográfico del área de estudio.

Para llevar a cabo dicha actividad se utilizó una Estación Total Kolida®, suministrada por la Cátedra de Levantamiento Geológico, FCNyM UNLP (**Figura 10**). Es un dispositivo electrónico de medición de distancias donde se combinan un teodolito y un distanciómetro electrónico.



Figura 10: Estación Total Kolida®, relevamiento topográfico.

En una primera instancia, se colocaron puntos de control del terreno, los cuales fueron ubicados y distribuidos de manera estratégica a partir del análisis de las imágenes satelitales del área y la observación en campo. Dichos puntos fueron levantados a partir del uso de la Estación Total (ET), las coordenadas fueron tomadas con POSGAR 2007 Argentina Zona 5 con sistema de coordenadas proyectadas en Gauss Kruger.

El levantamiento se llevó a cabo teniendo participación de dos operadores, uno en la Estación Total (ET) y otro en el punto de interés con una mira. Los puntos levantados fueron definidos de forma estratégica, por ejemplo, se tuvieron en cuenta las diferentes pendientes con el fin de obtener una mejor representación del terreno en cuestión.

Como resultado, fueron levantados 21 puntos de control del terreno, distribuidos a lo largo de toda la superficie de la Estación Experimental Integrada, los cuales fueron utilizados como soporte para la georreferenciación en la reconstrucción topográfica del área (**Figura 11**).



Figura 11: Puntos de control en áreas representativas de la zona de estudio.

En paralelo a dicha actividad, se generó un relevamiento topográfico a partir del uso de un vehículo aéreo no tripulado, multirrotor, de tipo cuadricóptero, modelo Phantom 4 Pro, con cámara incorporada, perteneciente a la línea DJI (**Figura 12**), suministrado por la Cátedra de Levantamiento Geológico, FCNyM UNLP.



Figura 12: Drone Phantom 4 Pro, línea DJI (Guardo, 2019).

Para lograr que los algoritmos de esta técnica reconstruyan la estructura tridimensional del terreno de interés, resulta necesario que las imágenes sean tomadas en forma secuenciada, con alto grado de solapamiento entre sí, tanto en el eje longitudinal como transversal. El porcentaje de superposición mínimo requerido entre imágenes es de 60 %, aunque este puede variar dependiendo de las características de la zona a levantar y, por ende, la altura a la que se efectúe el vuelo (Guardo, 2019).

Se llevaron a cabo vuelos ortogonales a 120 metros de altura sobre el nivel del terreno, con una superposición de las fotografías del 80% en la dirección de avance y del 60% entre las líneas de vuelo, obteniéndose fotografías desde diferentes perspectivas. Esto contribuyó a maximizar la calidad del modelo y por ende tener una representación más exacta de la zona de interés.

Además la utilización de puntos de control bien distribuidos en la zona ayudó a caracterizar la relación entre la deformación dómica y la distorsión radial, de manera de poder estimar el error mínimo sistemático y optimizar el procesamiento (Guardo, 2019).

Los datos obtenidos fueron procesados con el software de procesamiento Agisoft Photoscan profesional v XX, el cual permitió generar un modelo fotogramétrico 3D a partir de fotografías tomadas por medio de la metodología Structure from Motion.

El mosaico obtenido fue utilizado como imagen de base en el programa de Sistema de Información Geográfica (GIS) para cargar los puntos de control relevados con Estación Total y así poder obtener una salida de impresión con todos los datos adquiridos del levantamiento topográfico.

4.5 Interpretación y generación de cartografía temática

El conocimiento de los suelos es fundamental para una planificación racional de su uso. El documento más adecuado que permite acceder a tal conocimiento es el Mapa de Suelos (Soil Survey Staff, 2017).

Siguiendo el flujo de trabajo descrito previamente, se procedió a generar una serie de mapas temáticos relevantes para la zona de estudio, basados en información objetiva y marcando cualidades significativas del área a través de un programa de Sistema de Información Geográfica (GIS). Dichos mapas se discriminan a continuación:

- 1- Mapa de Topografía: la elaboración de este mapa se llevó a cabo a partir de curvas de nivel con equidistancias de 0,25 cm, en escala 1:5.500. La interpretación de las curvas de nivel permite apreciar un rasgo fundamental del relieve, la pendiente del terreno.
- 2- Mapa Básico de suelos: la elaboración del mapa de suelos incluyó fotointerpretación y observación de campo. Conjuntamente se realizó la caracterización morfológica de los suelos por medio de sondeos, efectuándose caracterizaciones físicas y químicas en campo y laboratorio. Los suelos fueron clasificados de acuerdo con el sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017).
- 3- Mapa de Capacidad de Uso: la clasificación de los suelos según su capacidad de uso es un ordenamiento sistemático, establecido por la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y específico para el uso agrícola, ganadero o forestal. La elaboración del mapa de capacidad de uso de los suelos, a nivel de subclase, se determinó según la clasificación del Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU (Klingebiel y Montgomery, 1961).
- 4- Mapa Geomorfológico: la elaboración de este mapa se llevó a cabo mediante la recopilación de información cartográfica y técnica, el reconocimiento de materiales y geformas por fotointerpretación y observación en el campo con el

fin de determinar los límites de las unidades geomorfológicas, orientado a la planificación del territorio y la ordenación ambiental.

Como resultado se obtuvieron cuatro layout de los mapas en cuestión con una escala de trabajo de 1:5.500, orientados en el espacio con sus respectivas referencias.

5. RESULTADOS.

5.1 Resultados de las características morfológicas y técnicas analíticas para la caracterización de los suelos.

- **Calicata 1**

Consociación de Serie Gorina fase inclinada, unidad cartográfica GO1.

Hapludert típico.

Capacidad de Uso: IIIs.

La calicata 1, de coordenadas E 5679247,82 N 6134884,93, se realizó en la unidad geomorfológica denominada Pendiente, ubicada en la Estación Experimental Integrada (EEI), Gorina, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. El sector del área de estudio en donde fue realizada, se encuentra a 18 msnm., se trata de un relieve suavemente ondulado. La permeabilidad es baja, se le asignó la clase natural de drenaje moderadamente bien drenado. La cobertura vegetal del suelo es de 100%, principalmente gramínea. Presenta erosión de tipo hídrica. La profundidad del sondeo fue de 104 cm, a partir del mismo se pueden observar la secuencia de horizontes A1, A2, Btss1, Btss2 y BCssk, los cuales se describen a continuación:

A 0-14 cm; 10 YR 3/1 en seco y 10 YR 2/1 en húmedo; franco arcilloso-limosa; bloques subangulares, medios, moderados; ligeramente duro, firme, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; raíces abundantes; límite gradual.

AB 14-29 cm; 10 YR 3/2 en seco y 10 YR 2/2 en húmedo; franco arcilloso-limosa; bloques subangulares, medios, moderados; ligeramente duro, firme, plástico y adhesivo; cutanes húmicos-arcillosos escasos; raíces comunes; límite neto.

Btss1 29-53 cm; 10 YR 3/1 en seco y 10 YR 2/1 en húmedo; arcillosa; bloques angulares, finos; duro, firme, plástico y adhesivo; cutanes arcillosos abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) abundantes; límite gradual.

Btss2 53-80 cm; 7,5 YR 3/2 en seco y 7,5 YR 5/2 en húmedo; franco arcillo-limosa; bloques subangulares, moderados; duro, firme, plástico y adhesivo; cutanes arcillosos abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) abundantes; limite neto.

2BCssk 80-(104+) cm; 7,5 YR 5/2 en seco y 7,5 YR 4/2 en húmedo; arcillosa; masivo con tendencia a grano suelto; duro, firme, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; cutanes arcillosos comunes; superficies de deslizamiento (slickensides) comunes; concreciones de CaCO₃ comunes; reacción al HCl en la masa fuerte.

HORIZONTE		A	AB	Btss1	Btss2	2BCssk
Profundidad (cm)		0-14	14-29	29-53	53-80	80-(+104)
pH (en pasta)		6	6,3	6,7	6,6	7,2
Resistencia eléctrica (ohms)		500	720	385	305	510
Expansión libre (%)		70	70	100	110	120
Composición granulométrica	Arcilla (%) <2 µm	39,24	37,00	53,56	27,29	44,41
	Limo (%) 2-53 µm	42,86	46,97	35,37	52,93	32,90
	Arena (%) 53-2000 µm	17,91	16,02	11,07	19,79	22,68
Carbono orgánico (%)		3,22	2,24	1,20	0,84	0,25
Materia orgánica (%)		5,56	3,87	2,07	1,45	0,44

Tabla 1: Resultados analíticos del perfil de suelo.

- **Calicata 2**

Consociación de Serie Gorina, unidad cartográfica GO.

Hapludert típico.

Capacidad de Uso: IIs.

La calicata 2 (**Figura 13**), de coordenadas **E** 5679370,66 **N** 6135176,42, se realizó en la unidad geomorfológica denominada Interfluvio convexo, ubicada en la Estación Experimental Integrada, Gorina, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. El sector del área de estudio en donde fue realizada, se encuentra a 20 msnm., se trata de un relieve suavemente ondulado. La permeabilidad es baja, se le asignó la clase natural de drenaje moderadamente bien drenado. La cobertura vegetal del suelo es de 100%, principalmente cardos y pastizal. Presenta erosión de tipo hídrica/antrópica inducida y el uso del suelo se

encuentra destinado a la horticultura descubierta. La profundidad del sondeo fue de 110 cm, a partir del mismo se pudo observar la siguiente secuencia de horizontes A, Btss1, Btss2 y BCssk, los cuales se describen a continuación:

A 0-22,5 cm; 10 YR 3/2 en seco y 10YR 2/2 en húmedo; franco arcillo-limosa; bloques subangulares, débiles, medianos; duro, firme, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; raíces abundantes; límite neto.

Btss1 22,5-63 cm; 10 YR 3/1 en seco y 10YR 2/1 en húmedo; arcillosa; bloques subangulares, medianos, débiles, extremadamente duro, muy firme, muy plástico y muy adhesivo; cutanes húmicos arcillosos abundantes; superficie de deslizamiento (slickensides) abundantes; límite neto y ondulado.

Btss2 63-87 cm; 7,5 YR 4/2 en seco y 7,5 YR 3/2 en húmedo; franco limosa; bloques subangulares, finos, moderados; extremadamente duro, muy firme, muy plástico y muy adhesivo; cutanes arcillosos abundantes; superficie de deslizamiento (slickensides) abundantes; límite suave.

BCssk 87-(110+) cm; 7,5 YR 5/2 en seco y 7,5 YR 4/2 en húmedo; franco limosa; bloques subangulares, finos, débiles con tendencia a grano suelto; muy duro, friable, plástico y adhesivo; cutanes arcillosos comunes; superficies de deslizamiento (slickensides) comunes; concreciones Fe-Mn escasas; concreciones de CaCO₃ comunes; reacción al HCl en la masa fuerte.

Observaciones: terreno arado y discado, se observó un horizonte A removido que repercutió en el límite con el horizonte Btss1.

HORIZONTE		A	Btss1	Btss2	BCssk
Profundidad (cm)		0-22,5	22,5-63	63-87	87-(+110)
pH (en pasta)		6,8	6,6	6,6	7,2
Resistencia eléctrica (ohms)		330	390	390	385
Expansión libre (%)		60	100	120	120
Composición granulométrica	Arcilla (%) $<2 \mu\text{m}$	35,00	53,78	25,18	17,33
	Limo (%) 2-53 μm	48,19	32,22	56,41	61,36
	Arena (%) 53-2000 μm	16,81	14	18,40	21,31
Carbono orgánico (%)		2,92	1,12	0,59	0,37
Materia orgánica (%)		5,04	1,94	1,02	0,65

Tabla 2: Resultados analíticos del perfil de suelo.

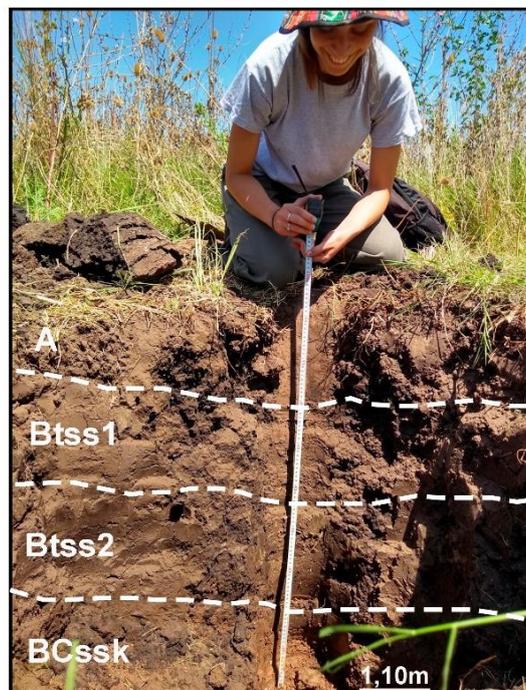


Figura 13: Perfil de suelo de la calicata 2 con detalle de horizontes.

- **Calicata 3**

Consociación de Serie Gorina fase inclinada, unidad cartográfica GO1.

Hapludert típico.

Capacidad de Uso: IIs.

La calicata 3 (**Figura 14**), de coordenadas E 5679308,28 N 6135362,65, se realizó en la unidad geomorfológica denominada Interfluvio, ubicada en la Estación Experimental Integrada, Gorina, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. El sector del área de estudio en donde fue realizada, se encuentra a 21 msnm., se trata de un relieve suavemente ondulado. La permeabilidad es baja, se le asignó la clase natural de drenaje moderadamente bien drenado. La cobertura vegetal del suelo es de 100%, principalmente cardos y pastizal. Presenta erosión de tipo hídrica y el uso del suelo se encuentra destinado a la horticultura descubierta. La profundidad del sondeo fue de 106 cm, a partir del mismo se pudo observar la siguiente secuencia de horizontes Oi, Ap, AB, Btss1, Btss2, Btss3 y BCssk, los cuales se describen a continuación:

Oi 0-3 cm; migajosa; límite neto y suave.

Ap 3-11 cm; 10 YR 4/1 en seco y 10 YR 2/1 en húmedo; franco arcillosa; bloques angulares; ligeramente duro, friable, plástico y adhesivo; límite ondulado y neto.

AB 11-20 cm; 10 YR 3/3 en seco y 10 YR 2/1 en húmedo; franco arcillo-limosa; bloques angulares; ligeramente duro, firme, plástico y adhesivo; límite gradual y ondulado.

Btss1 20-57 cm; 10 YR 3/1 en seco y 10 YR 2/2 en húmedo; arcillosa; bloques angulares; extremadamente duro, firme en húmedo, muy plástico y muy adhesivo; cutanes húmicos arcillosos abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) abundantes; límite neto.

Btss2 57-80 cm; 7,5 YR 4/2 en seco y 7,5 YR 3/2 en húmedo; franco limosa; bloques angulares; extremadamente duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; cutanes arcillosos abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) abundantes; límite gradual y suave.

Btss3 80-95 cm; 7,5 YR 5/2 en seco y 7,5 YR 4/2 en húmedo; franco limosa; bloques angulares; extremadamente duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; cutanes arcillosos abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) abundantes; límite gradual y suave.

BCssk 95-106 cm; 7,5 YR 5/4 en seco y 7,5 YR 4/4 en húmedo; franco limosa; bloques subangulares, débiles; ligeramente duro, friable, muy plástico y muy adhesivo; cutanes arcillosos comunes; superficie de deslizamiento (slickensides) comunes; reacción al HCl en la masa moderada; chorreaduras de materia orgánica.

HORIZONTE		Oi	Ap	AB	Btss1	Btss2	Btss3	BCssk
Profundidad (cm)		0-3	3-11	11-20	20-57	57-80	80-95	95- (+106)
pH (en pasta)			5,4	6,2	6,3	6,1	6,8	7,2
Resistencia eléctrica (ohms)			515	590	375	310	430	315
Expansión libre (%)			70	65	100	120	130	100
Composición granulométrica	Arcilla (%) <2 µm		36,89	32,58	54,49	23,80	19,38	19,33
	Limo (%) 2-53 µm		41,54	47,76	34,18	55,75	58,80	58,63
	Arena (%) 53-2000 µm		21,57	19,65	11,34	20,45	21,81	22,05
Carbono orgánico (%)			2,38	1,32	0,88	0,59	0,28	0,17
Materia orgánica (%)			4,11	2,27	1,52	1,02	0,48	0,29

Tabla 3: Resultados analíticos del perfil de suelo.

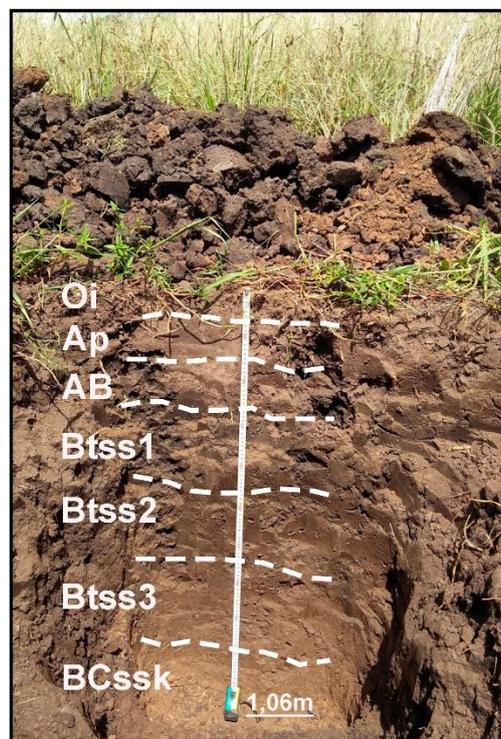


Figura 14: Perfil de suelo de la calicata 3 con detalle de horizontes.

- **Calicata 4**

Consociación de Serie Gorina, unidad cartográfica GO.

Hapludert típico.

Capacidad de Uso: IIs.

La calicata 4 (**Figura 15**), de coordenadas E 5678920,19 N 6134870,74, se realizó en la unidad geomorfológica denominada Interfluvio, ubicada en la Estación Experimental Integrada, Gorina, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. El sector del área de estudio en donde fue realizada, se encuentra a 20 msnm., se trata de un relieve suavemente ondulada. La permeabilidad es baja, se le asignó la clase natural de drenaje moderadamente bien drenado. La cobertura vegetal del suelo es de 100%, principalmente caña tucurá, pastizal, arboleda. Presenta erosión de tipo hídrica y el uso del suelo se encuentra destinado a área forestal. La profundidad del sondeo fue de 120 cm, a partir del mismo se pudo observar la siguiente secuencia de horizontes A, AB, Btss1, Btss2 y BCssk, los cuales se describen a continuación:

A 0-13 cm; pardo oscuro 10 YR 3/3 en seco, 10 YR 2/1,5 en húmedo; franco arcillosa; granular fino, moderado; ligeramente duro a duro, friable, plástico y adhesivo; raíces abundantes; límite neto y claro.

AB 13-20 cm; pardo oscuro 10 YR 3/1 en seco, 10 YR 2/1,5 en húmedo; franco arcillo-limosa; granular, medio, moderado; ligeramente duro a duro en seco, firme en húmedo, plástico y adhesivo; cutanes húmico-arcillosos escasos; raíces escasas; límite neto.

Btss1 20-65 cm; 10 YR 3/2 en seco, 10 YR 2/1,5 en húmedo; arcillosa; bloques angulares, medios y moderados; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; cutanes húmicos arcillosos abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) comunes; raíces escasas; límite gradual.

Btss2 65-95 cm; 7,5 YR 3/2 en seco, pardo a pardo oscuro 7,5 YR 2,5/2 en húmedo; franco arcillo-limosa; bloques finos y moderados; ligeramente duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; cutanes arcillosos abundantes; superficie de deslizamiento (slickensides) comunes; límite neto.

2BCssk 95-(120+) cm; 7,5 YR 6/4 en seco, pardo 7,5 YR 5/4 en húmedo; arcillosa; bloques subangulares, finos, débiles; ligeramente duro en seco, friable, plástico y adhesivo; cutanes arcillosos escasos; superficie de deslizamiento (slickensides) escasos; vetillas de CaCO₃ abundantes; fuerte reacción al HCl en la masa.

HORIZONTE		A	AB	Btss1	Btss2	BCssk
Profundidad (cm)		0-13	13-20	20-65	65-95	95-(+120)
pH (en pasta)		6,6	6,1	6,5	7,3	7,6
Resistencia eléctrica (ohms)		710	530	390	295	415
Expansión libre (%)		60	60	120	110	80
Composición granulométrica	Arcilla (%) <2 μm	36,31	38,94	57,88	30,38	46,23
	Limo (%) 2-53 μm	42,74	46,52	35,16	57,73	34,62
	Arena (%) 53-2000 μm	20,96	14,54	6,96	11,89	19,16
Carbono orgánico (%)		3,12	1,88	0,69	0,62	0,13
Materia orgánica (%)		5,38	3,23	1,18	1,07	0,23

Tabla 4: Resultados analíticos del perfil de suelo.

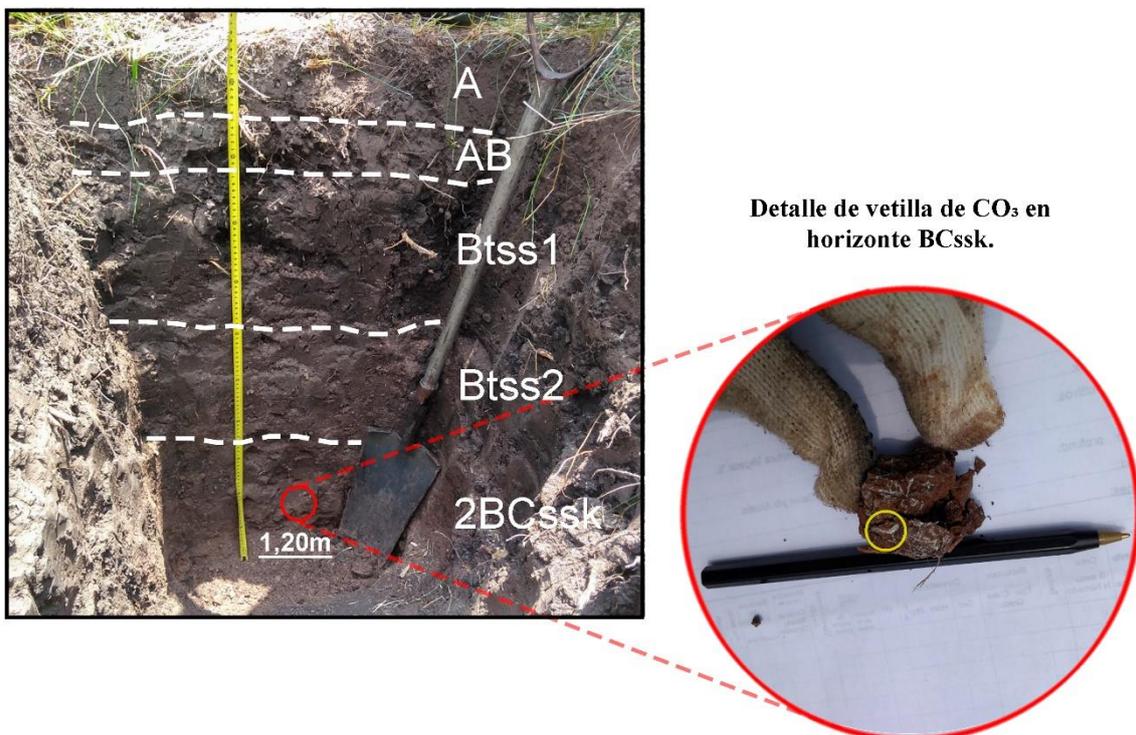


Figura 15: Perfil de suelo de la calicata 4 con detalle de horizontes.

- **Calicata 5**

Consociación de Serie Gorina fase inclinada, unidad cartográfica GO1.

Hapludert típico.

Capacidad de Uso: IIs.

La calicata 5 (**Figura 16**), de coordenadas **E 5679565,63 N 6135446,75**, se realizó en la unidad geomorfológica denominada Interfluvio, ubicada en la Estación Experimental Integrada, Gorina, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. El sector del área de estudio en donde fue realizada, se encuentra a 18,5 msnm., se trata de un relieve suavemente ondulado. La permeabilidad es baja, se le asignó la clase natural de drenaje imperfectamente drenado. La cobertura vegetal del suelo es de 100%, principalmente cardos y pastizal. Presenta erosión de tipo hídrica y el uso del suelo se encuentra destinado a horticultura descubierta. La profundidad del sondeo fue de 120 cm, a partir del mismo se pudo observar la secuencia de horizontes A, AB, Btss1, Btss2 y BCssk, los cuales se describen a continuación:

A 0-22 cm; pardo oscuro 10 YR 3/2 en seco, negro 10 YR 2/1 en húmedo; arcillo limosa; granular; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; limite neto y plano.

AB 22-32 cm; pardo oscuro 10 YR 3/2 en seco, pardo muy oscuro 10 YR 2/2 en húmedo; arcillo limosa; granular, medio, moderado; duro, friable, plástico y adhesivo; moteados de Fe-Mn abundantes; cutanes húmico arcillosos escasos; limite neto y plano.

Btss1 32-74 cm; 10 YR 3/1 en seco, negro 10 YR 2/1 en húmedo; arcillosa; prismas, finos, débiles; extremadamente duro en seco, muy firme en húmedo, muy plástico y muy adhesivo; moteados de Fe-Mn abundantes; cutanes húmico arcillosos abundantes; superficie de deslizamiento (slickensides) abundantes; limite claro.

Btss2 74-97 cm; 7,5 YR 3/2 en seco, pardo oscuro 7,5 YR 3/2 en húmedo; arcillosa; bloques angulares, medios, moderados; muy duro a extremadamente duro, muy firme, muy plástico y muy adhesivo; moteados de Fe-Mn abundantes; cutanes arcillosos abundantes; superficie de deslizamiento (slickensides) abundantes; limite claro.

BCssk 97-(120+) cm; 7,5 YR 5/3 en seco, rosado 7,5 YR 4/4 en húmedo; arcillo limosa; bloques subangulares, medios, débiles; ligeramente duro, firme, plástico y adhesivo; cutanes arcillosos escasos; superficie de deslizamiento (slickensides) escasas; concreciones de CaCO₃ escasas.

HORIZONTE		A	AB	Btss1	Btss2	BCssk
Profundidad (cm)		0-22	22-32	32-74	74-97	97-(+120)
pH (en pasta)		5,9	6,4	6,2	7	7,1
Resistencia eléctrica (ohms)		650	840	580	410	285
Expansión libre (%)		50	50	80	100	70
Composición granulométrica	Arcilla (%) <2 µm	32,76	33,53	53,97	38,76	26,45
	Limo (%) 2-53 µm	53,05	51,56	35,47	52,26	61,93
	Arena (%) 53-2000 µm	14,19	14,91	10,56	8,98	11,62
Carbono orgánico (%)		2,11	1,24	1,01	0,29	0,14
Materia orgánica (%)		3,64	2,14	1,74	0,50	0,25

Tabla 4: Resultados analíticos del perfil de suelo.



Figura 16: Perfil de suelo de la calicata 5.

- **Calicata 6**

Consociación de Serie Gorina fase inclinada, unidad cartográfica GO1.

Hapludert típico.

Capacidad de Uso: IIs.

La calicata 6 (**Figura 17**), de coordenadas **E 5679061,3 N 6135114,62**, se realizó en la unidad geomorfológica denominada Interfluvio, ubicada en la Estación Experimental Integrada, Gorina, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. El sector del área de estudio en donde fue realizada, se encuentra a 21 msnm., se trata de un relieve suavemente ondulado. La permeabilidad es baja, se le asignó la clase natural de drenaje imperfectamente drenado. La cobertura vegetal del suelo es de 100%, principalmente cardos y pastizal. Presenta erosión de tipo hídrica y el uso del suelo se encuentra destinado a horticultura descubierta. La profundidad del sondeo fue de 120 cm, a partir del mismo se pudo observar la secuencia de horizontes A, Btss1, Btss2, Btss3 y BCssk, los cuales se describen a continuación:

A 0-26 cm; gris muy oscuro 10 YR 3/1 en seco, negro 10 YR 2/1 en húmedo; arcilloso limoso; bloques subangulares, finos; masiva; muy duro, firme, plástica y adhesiva; moteados de Fe-Mn abundantes; raíces abundantes; límite neto y ondulado.

Btss1 26-61 cm; 10 YR 3/1 en seco, negro 10 YR 2/1 en húmedo; arcillosa; prismas, finos y débiles; muy duro, muy firme, muy plástico y muy adhesivo; moteados de Fe-Mn escasos; cutanes húmico-arcillosos abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) escasas; raíces escasas; límite neto y claro.

Btss2 61-89 cm; 10 YR 3/2 en seco, pardo grisáceo muy oscuro 10 YR 2/2 en húmedo; arcillosa; bloques angulares medios, moderados; muy duro, muy firme, muy plástico y muy adhesivo; cutanes arcillosos abundantes; superficies de deslizamientos (slickensides) escasas; raíces escasas; límite neto y ondulado.

Btss3 89-105 cm; 7,5 YR 4/4 en seco, pardo a pardo oscuro 10 YR 4/3 en húmedo; arcillosa; bloques subangulares medios, moderados; extremadamente duro, muy firme,

plástico y adhesivo; cutanes arcillosos comunes; superficies de deslizamiento (slickensides) comunes; limite neto.

2BCssk 105-(120+) cm; 7,5 YR 5/4 en seco, pardo a pardo oscuro 7,5 YR 4/4 en húmedo; arcillo limosa; bloques subangulares finos, fuertes; duro, firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; cutanes arcillosos comunes; superficies de deslizamiento (slickensides) comunes; concreciones de CaCO₃ escasas.

Observaciones: se observan chorreaduras de Materia Orgánica hasta el horizonte Btss3.

HORIZONTE	A	Btss1	Btss2	Btss3	2BCssk	
Profundidad (cm)	0-26	26-61	61-89	89-105	105-(+120)	
pH (en pasta)	6,3	6,1	6,2	6,3	7,4	
Resistencia eléctrica (ohms)	545	320	325	355	395	
Expansión libre (%)	70	120	100	120	100	
Composición granulométrica	Arcilla (%) <2 μm	37,02	59,51	36,31	33,79	44,23
	Limo (%) 2-53 μm	46,75	21,16	49,73	48,18	36,89
	Arena (%) 53-2000 μm	16,22	19,33	13,96	18,02	18,87
Carbono orgánico (%)	2,06	0,78	0,61	0,22	0,19	
Materia orgánica (%)	3,56	1,34	1,05	0,37	0,32	

Tabla 6: Resultados analíticos del perfil de suelo.



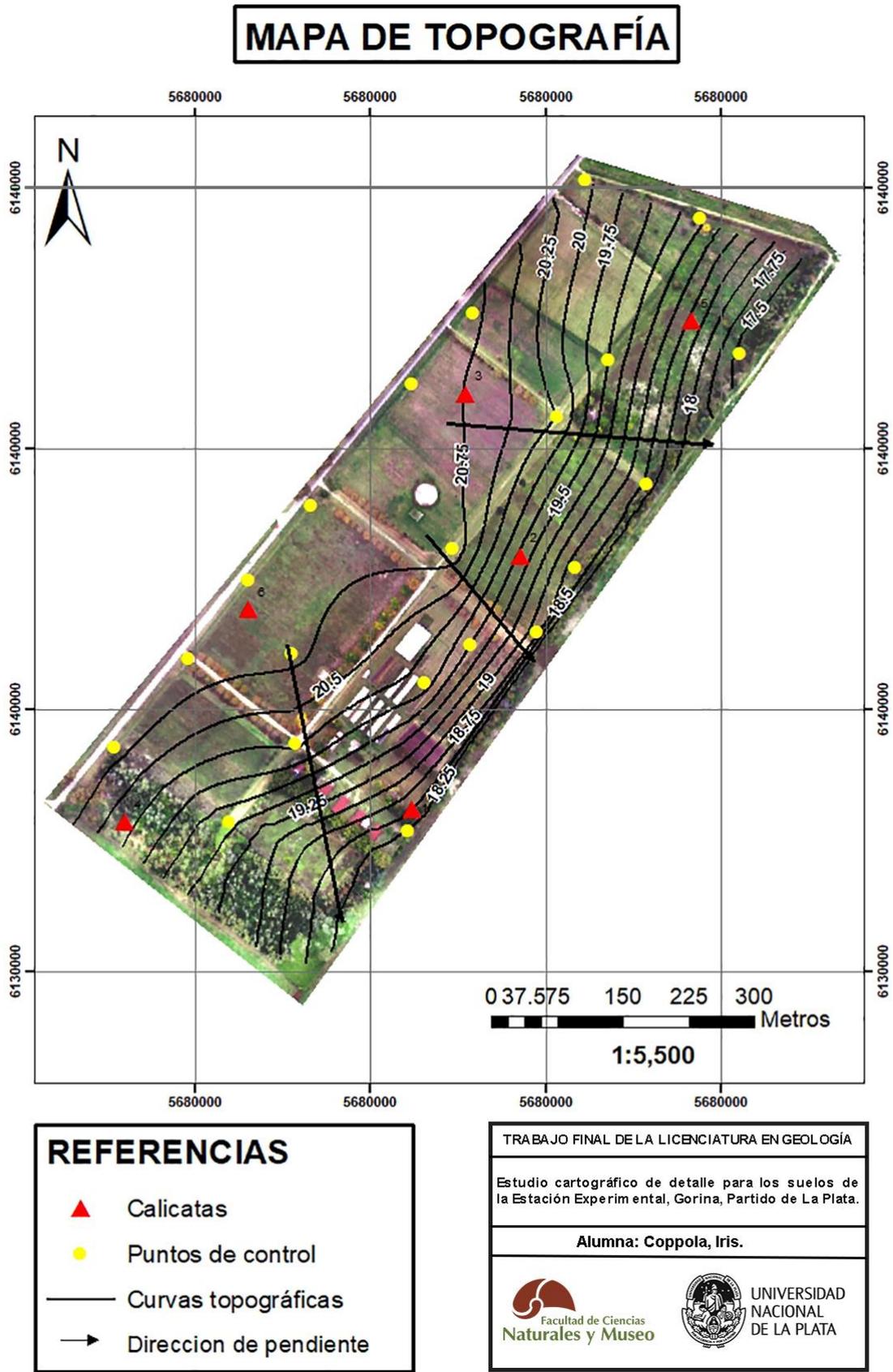
Figura 17: Perfil de suelo de la calicata 6 con detalle de horizontes.

5.2 Resultados del relevamiento topográfico y generación de cartografía temática.

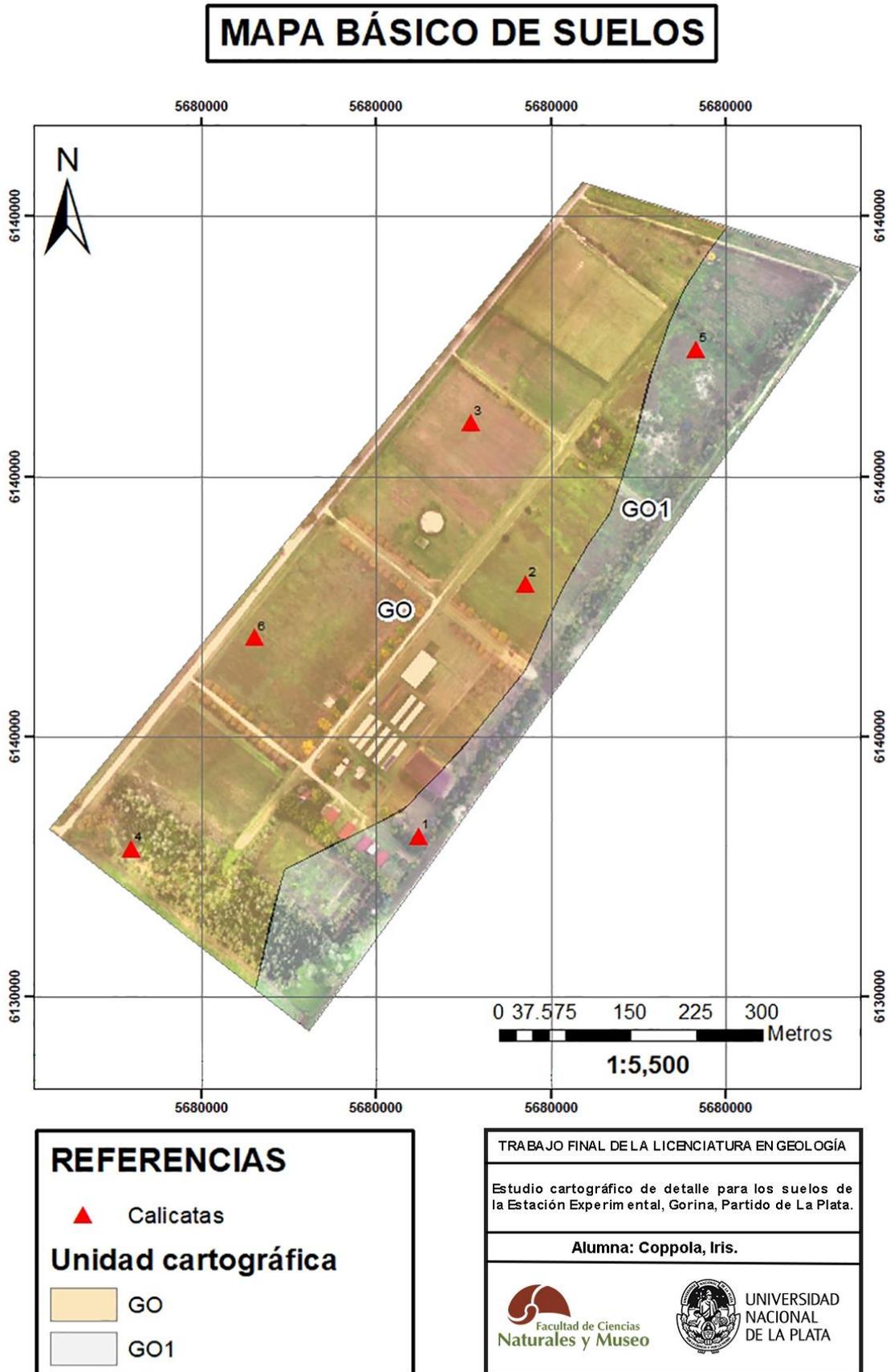
A partir del relevamiento del área de estudio con el uso de la Estación Total Kolida®, fueron relevados 21 puntos de control. Conjuntamente al relevamiento se efectuó la toma de fotografías a través del uso del Drone DJI Phantom 4 Pro. Con la información obtenida se procedió a realizar un modelo fotogramétrico 3D mediante el software de procesamiento Agisoft Photoscan profesional v XX (**Figura 18**). Una vez obtenido dicho mosaico se procedió a generar una serie de mapas temáticos: Mapa de Topografía (**Mapa 1**), Mapa Básico de suelos (**Mapa 2**), Mapa de Capacidad de Uso (**Mapa 3**) y Mapa Geomorfológico (**Mapa 4**), en un programa Sistema de Información Geográfica (GIS). El sistema de proyección utilizado para la generación de dichos mapas fue POSGAR 2007, Faja 5 con una escala de detalle de 1:5.500.



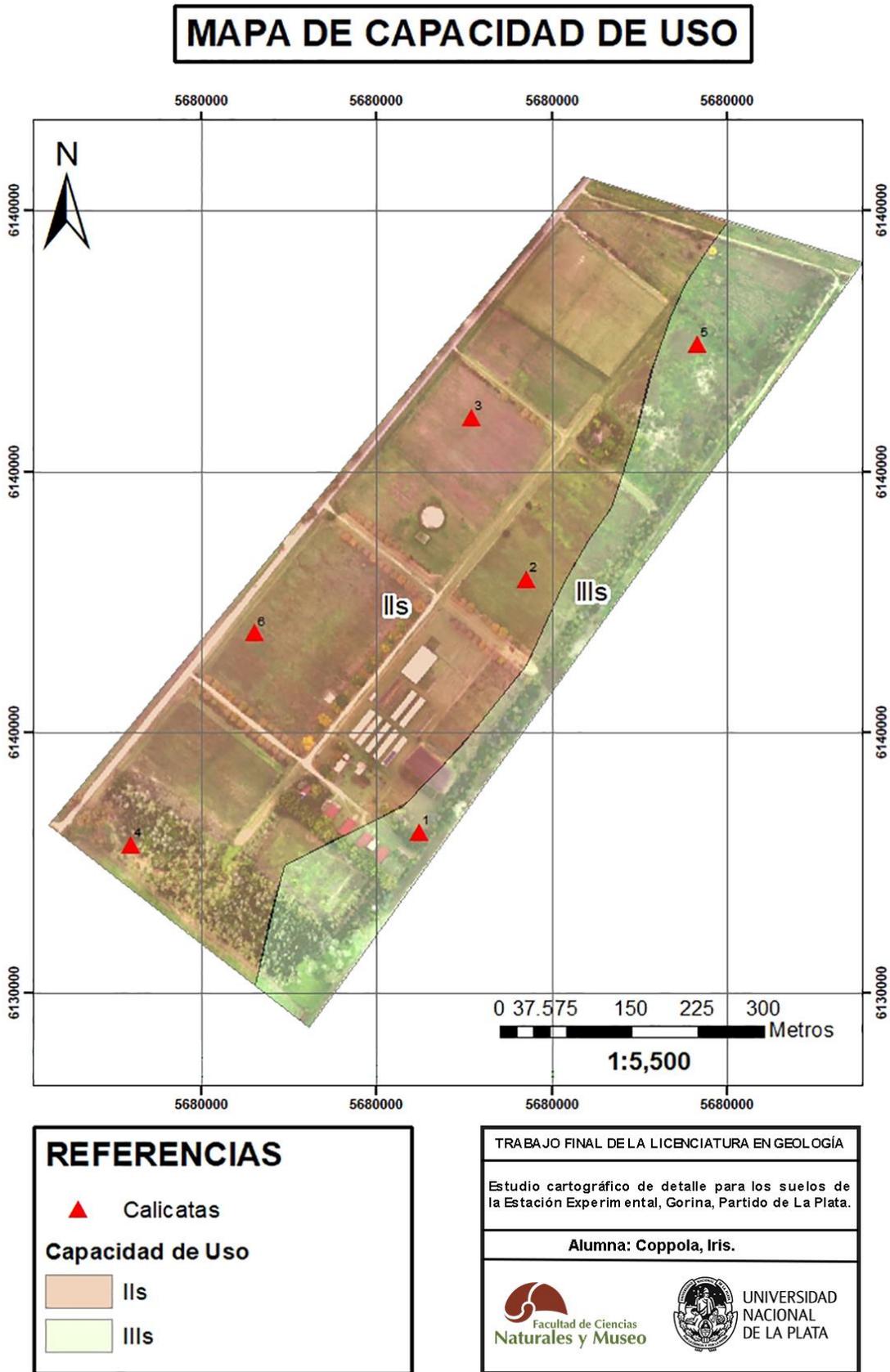
Figura 18: Modelo fotogramétrico del área de estudio.



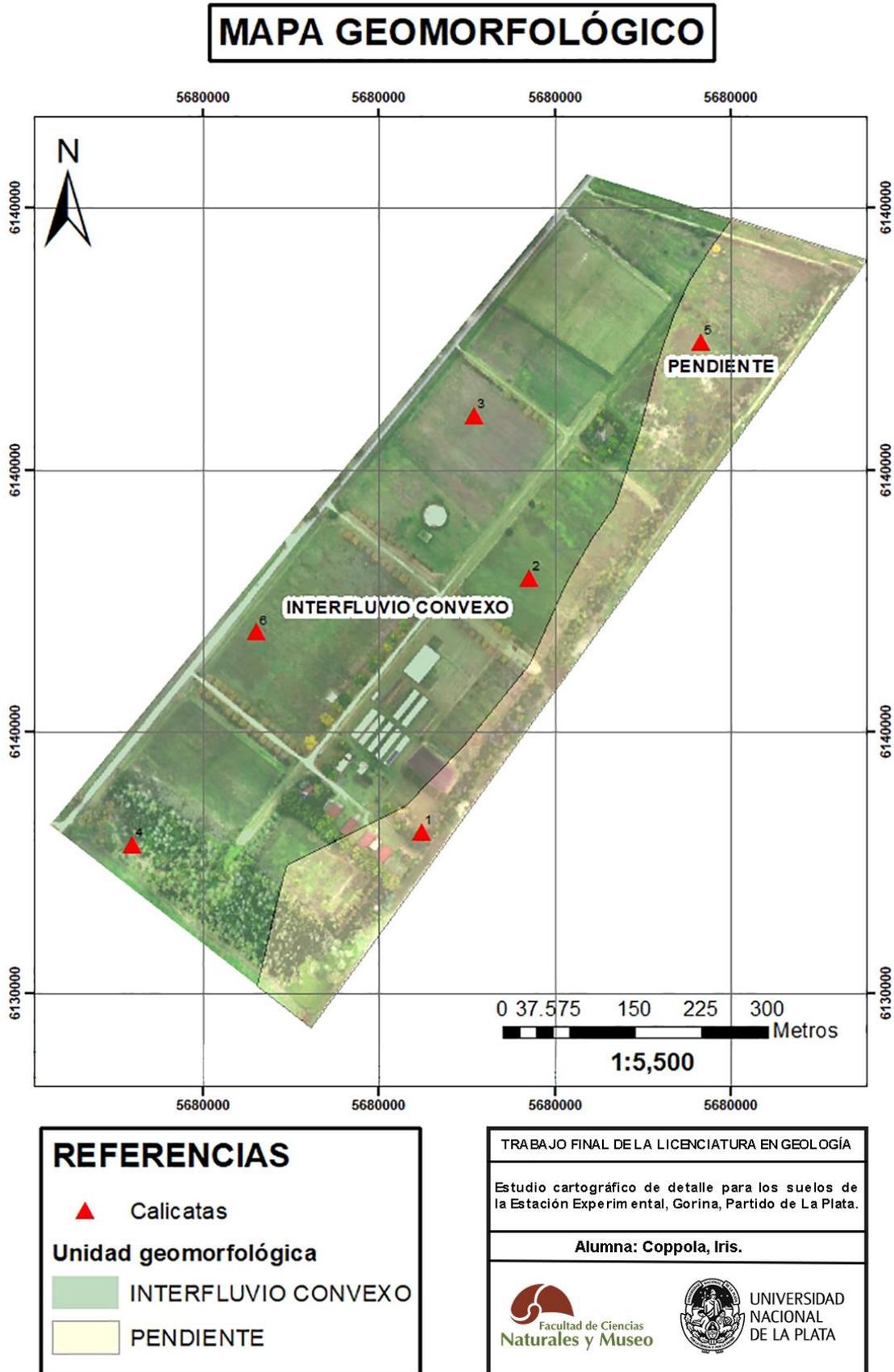
Mapa 1: Mapa de Topografía.



Mapa 2: Mapa Básico de suelos.



Mapa 3: Mapa de Capacidad de Uso.



Mapa 4: Mapa Geomorfológico.

6. CONCLUSIONES.

El conocimiento de las propiedades geomorfológicas, pedológicas, físicas y químicas obtenidas en campo y laboratorio, junto con elaboración de la cartografía temática permiten predecir el comportamiento del suelo, dando una idea del grado de evolución del mismo y posibilitando la elaboración de recomendaciones sobre prácticas de uso y manejo de las tierras para la obtención de un mayor rendimiento, así como el menor impacto ambiental. Para llevar a cabo la clasificación del suelo, se tuvo en cuenta la descripción morfológica detallada de las propiedades pedológicas, el régimen de humedad y temperatura y los resultados analíticos obtenidos. De tal manera se clasificó al suelo de la Estación Experimental de Gorina como Hapludert típicos según la “Taxonomía de Suelos” (Soil Survey Staff, 2017).

A partir de las observaciones realizadas en el campo se concluyó que los suelos de la Estación Experimental Integrada son suelos profundos, moderadamente bien drenados, de permeabilidad lenta o muy lenta y presentan como material originario al loess pampeano, siendo suelos autóctonos. Estos suelos están constituidos por el sector eluvial, representado por horizontes principales A y transicionales AB. En la totalidad de los perfiles analizados, se observó un suelo mineral conformado por uno o más horizontes A, con espesores que oscilan entre los 30 cm, oscuros y con tenores de 30-40% de arcilla, siendo esto de gran relevancia para la clasificación del suelo a nivel taxonómico. El sector Iluvial, formado por el horizonte B con espesores que van desde los 30-95 cm, suele estar subdividido en dos o tres subhorizontes con una participación relevante de filosilicatos expansivos (~ 40 % arcilla). Estos tenores elevados le confieren rasgos morfológicos como superficies de deslizamiento (“slickensides”) y cutanes de iluviación producto de la deposición de arcilla desde horizontes superiores. Al horizonte B le subyace un horizonte de transición denominado BC con elevado porcentaje de arcilla y concentraciones de carbonato de calcio en concreciones y en la masa. En los datos analíticos se visualiza un predominio de la componente arcillo-limosa en todos los perfiles, lo cual queda evidenciado en las clases texturales que corresponden a cada horizonte, las mismas varían desde arcillosa a franco arcillo-limosa y franco limosa. Tanto el sector Eluvial como el Iluvial constituyen el Solum, considerado el sector más fuertemente afectado por los procesos pedogenéticos. En cuanto a los procesos pedogenéticos se observa una marcada predominancia de la argiluvación, la

vertisolización y la melanización. Otros procesos que pueden mencionarse, con una participación secundaria, son el de hidromorfismo y carbonatación.

Desde el punto de vista químico son suelos fértiles, ya que están bien provistos de materia orgánica, con valores de pH que rondan entre los 6-7 y carecen de tenores nocivos de sodio intercambiable o sales solubles. Por otra parte, a partir de los análisis de contenido de materia orgánica, se pudo constatar que los horizontes A de las calicatas 2, 3, 5 y 6, descritas en sectores con uso agrícola del suelo presentaron valores más bajos entre 3,5-5 % de MO que los horizontes A de las calicatas 1 y 4 con valores de alrededor de 6% de MO las cuales fueron realizadas en sectores no trabajados con este fin. Esta situación advierte la posibilidad de una continua pérdida del contenido orgánico de los horizontes productivos con el correr del tiempo, proponiendo el uso de enmiendas orgánicas naturales para la recuperación paulatina de este elemento en el suelo.

Teniendo en cuenta el predominio de la fracción granulométrica arcillosa con valores entre 40-45 % en los perfiles de suelo, en la transición del horizonte B al horizonte C de las calicatas 1,4 y 6, se observó un aumento del porcentaje de arcilla en el horizonte BC en comparación al horizonte B. Esta situación plantearía la posibilidad de la existencia de una discontinuidad litológica por diferentes pulsos del mismo material loésico, posteriormente edafizado.

Estos suelos en épocas de déficit hídrico pueden presentar grietas, un rasgo que permite deducir la susceptibilidad al agrietamiento es la presencia de "chorreaduras" oscuras que se extienden a través del horizonte B de las calicatas 3 y 6, las que señalan la translocación de material de los horizontes superiores por las grietas.

Desde el punto de vista físico poseen algunas limitaciones derivadas de los tenores elevados de arcilla desde superficie y primordialmente en los horizontes B. Esto explica la presencia de rasgos hidromórficos en los horizontes superiores de los perfiles de suelo 5 y 6, a pesar de la posición elevada que presentan los suelos en el terreno. Las labores agrícolas experimentan ciertas dificultades debido a que la consistencia es muy dura en seco y adhesiva o muy adhesiva en húmedo. Por otra parte, los movimientos de contracción-expansión que experimentan estos suelos según las variaciones de humedad pueden producir estrangulamiento de raíces durante los períodos de expansión o mal contacto de ellas con el suelo y susceptibilidad al desecamiento en los períodos de contracción por las grietas profundas que se desarrollan (Hurtado et., al 2006). Estos

movimientos, desde el punto de vista ingenieril pueden generar daños en obras civiles, como el agrietamiento y/o rotura.

En cuanto a la topografía, las calicatas 1 y 5 que se encuentran ubicadas en la unidad geomorfológica denominada Pendiente, fase inclinada de la Serie Gorina (Hurtado et al. 2006), presentan mayor desarrollo (30 cm) del horizonte A en comparación con los espesores (20-25 cm) de las calicatas 2,3 y 4 que se encuentran en la unidad geomorfológica Interfluvio convexo (Hurtado et al. 2006), más alejadas de la zona del arroyo. Esta situación podría quedar definida por la acumulación pendiente abajo de los materiales sueltos en los momentos de labranza de las parcelas ubicadas pendiente arriba, que en momentos de lluvia son progresivamente transportados hacia los sectores más bajos. A su vez, la presencia de agua en los sectores más cercanos al curso del arroyo colabora en la conservación de la materia orgánica, lo cual conlleva a generarse espesores de horizonte A un poco más prominentes. Por último, cabe mencionar que no se registraron signos de decapitación en ninguno de los sondeos realizados, describiéndose perfiles completos en las 6 calicatas, con descripciones morfológicas y datos analíticos respectivos que avalan la presencia de horizontes A en todos los casos.

En relación a la cartografía temática elaborada, a partir del análisis del Mapa Topográfico se concluyó que el área de estudio presenta una disminución de la altura del terreno desde el NO hacia el SE, esto es observable en los valores de las curvas de nivel que disminuyen hacia el SE. Al mismo tiempo las curvas en dicho sector poseen mayor cercanía, indicando un relieve más abrupto, pudiéndose interpretar como un cambio en la pendiente. Esta condición se puede observar en el mapa adjunto en la sección de resultados, a partir de la curva de nivel de 19m, la cual marca el inicio de la zona con mayor pendiente y menores alturas. Conjuntamente se colocaron una serie de flechas, las cuales indican la dirección de dichas pendientes.

Siguiendo el mismo análisis, con la presencia de una pendiente hacia el SE y el descenso de altura del terreno a partir de la curva de nivel de 19m, se concluyó que el sector NO se encuentra comprendido dentro de la unidad geomorfológica Interfluvio Convexo y el sector SE dentro de la unidad denominada Pendiente, tal como se observa en el Mapa Geomorfológico.

Según Hurtado et a. (2006), los suelos del predio de la Estación Experimental de Gorina se corresponden con la Serie Gorina (Hapludertes típicos). A partir de los análisis

cartográficos y edafológicos de la información generada en este trabajo, se concluyó que la curva de nivel de 19m definida en el Mapa Topográfico, en conjunto con las descripciones de los perfiles de suelos definidos resultan elementos fiables a la hora de discriminar dos unidades cartográficas para Serie determinada: hacia el sector NO del predio, la unidad cartográfica GO (Consociacion de Serie Gorina), la cual es coincidente con la unidad geomorfológica Interfluvio Convexo, y hacia el sector SE del predio, la unidad cartográfica GO1 (Consociacion de Serie Gorina fase inclinada), la cual coincide con la unidad geomorfológica denominada Área con Pendiente. Esta situación se puede observar en el Mapa de Suelos.

Para culminar, a partir del Mapa Utilitario de Capacidad de Uso, se llegó a la conclusión de que el sector NO corresponde a la sub clase utilitaria IIs, dado que presenta horizontes de buena aptitud agrícola en su configuración, con restricciones dadas por los elevados tenores de arcilla en el sector iluvial más somero, y por las altas manifestaciones de expansión contracción de las arcillas presentes en sus horizontes. Por otra parte, el sector SE corresponde a la sub clase IIIs, manifestando problemáticas similares al anterior caso, con el agravante los elevados valores de pendiente en dirección al arroyo, devenidos en riesgos de erosión.

Con estas conclusiones se pretende brindar información que sea de utilidad tanto al personal técnico de la Estación Experimental como a los entes provinciales y nacionales vinculados con la actividad, con el propósito de generar herramientas efectivas a fines de minimizar riesgos naturales y antrópicos. Solo a través del conocimiento de los factores que formaron el suelo y sus características actuales es posible predecir los cambios que podrían llegar a experimentar si se modifican algunos factores como precipitaciones, temperatura o intervención antrópica. Estudios de estas características deben ser continuamente desarrollados y actualizados orientados a mejorar la calidad ambiental del territorio y la capacidad productiva de la zona.

7. AGRADECIMIENTOS.

A la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) y a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), gracias a las cuales logré llevar adelante mis estudios.

Al Instituto de Geomorfología y Suelos por brindarme el espacio y los recursos necesarios para llevar adelante el presente Trabajo Final de Licenciatura.

A los directivos de la Estación Experimental de Gorina por permitirme el ingreso al lugar de trabajo.

A la Cátedra de Levantamiento Geológico, por facilitarme el uso de la Estación Total.

A Luciano López, por su colaboración.

A mis compañeros de la FCNyM con quienes compartí esta hermosa carrera.

A mis directores, Pablo Ontivero y Daniel Muntz, por la confianza, el apoyo, la motivación y por brindarme todos los conocimientos necesarios para poder llevar adelante el presente Trabajo Final de Licenciatura.

A mis amigas de la vida, por el apoyo y la motivación.

A mis mascotas, por su gran compañía.

A Julián, mi compañero, por su ayuda y gran compañía.

A mi hermana, por su motivación diaria y los mates compartidos.

A mi mamá y a mi papá, por apoyarme incondicionalmente desde el primer día, sin ellos nada hubiera sido igual.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Abete, L. 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 Suelos e Ingeniería de Fundaciones. LEMIT y Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos. La Plata. 241-250.

Alcalá del Olmo, L. 1995. "Ensayos para la caracterización fisico-química de las muestras en contaminación de suelo". En: Contaminación y Depuración de Suelos: 119-133. Instituto Tecnológico de España, Madrid.

Allison, L. 1965. "Organic Carbon," In: C. A. Black, Ed., Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Madison , pp. 1367-1378.

Auge, M.P.; González, N. y Nagy, M.I. 1995. Manejo del agua subterránea en La Plata, Argentina. Convenio Universidad de Buenos Aires-International Development Research Centre. 149 p.

Bouyoucos, G.J. 1951. "A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analyses of soils". Agronomy Journal N°43, pp 434-438.

Cabral, M.G. 2000. Geomorfología del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. Presentado en el IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (Capítulo Argentina). Puerto Iguazú, Misiones. Inédito.

Cabral, M.; Muntz, D.; Giani, E.; Hurtado, M.A.; da Silva, M.; Boff, L.; Palma, J.C. y Sánchez, C. 2016. Capítulo 1: Las inundaciones en la región capital: cartografía temática para el planeamiento. En: PIO (Proyecto de Investigación Orientado)-Las inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada. Análisis de Riesgos y Estrategias de Intervención. Hacia la construcción de un observatorio ambiental.

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, 237 pp. (Inédito).

Fidalgo, F. y Martínez, O. R. 1983. Algunas características geomorfológicas dentro del partido de La Plata (Provincia de Buenos Aires). *Asoc. Geol. Arg. Rev.* , XXXVIII (2): 263-279.

Guardo, Nicolás. 2019 “Relevamiento topográfico de un yacimiento de tosca mediante fotogrametría SfMMVS, La Plata, Buenos Aires.” Director: Dr. Luciano López Co-director: Dr. Andrés Bilmes. Trabajo Final de Licenciatura en Geología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP.

Hurtado, M.; Giménez, J.; Cabral, M. y colaboradores. 2006a. “Análisis Ambiental del Partido de La Plata. Aportes al Ordenamiento Territorial. Libro”. Consejo Federal de Inversiones. I.S.B.N. n°987-510-062-5.

Martegani Lucía. 2018 “Estudio de suelos y generación de Cartografía Temática del Área de Influencia Estuárico-Marina del Gran La Plata.” Directora: Lic. Laura Boff, Co-director: Lic. Daniel Muntz. Trabajo Final de Licenciatura en Geología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP.

Peech, M. 1945. “Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soil. Rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer”. *Soil Sci* 59:25-38

Richards, L. A. 1973. “Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos”. USDA. Limusa. México, D. F.

(Soil Survey Staff, 2017). Soil Survey Division Staff. (2007). Soil Survey Manual. Handbook No. 18. Soil Conservation Service, United States Departure of Agriculture.