

**XXVIII**  
Congreso  
Argentino  
de la Ciencia  
del Suelo  
Buenos Aires 2022



# Guía de Reconocimiento de Suelos

**Gira edafológica por el  
Centro Nacional de Investigaciones  
Agropecuarias (CNIA-INTA)**

**Héctor J. M. Morrás  
y colaboradores**

# XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

15 al 18 de noviembre Buenos Aires 2022

## *Guía de Reconocimiento de Suelos Gira edafológica por el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA-INTA)*

Héctor J. M. Morrás  
Leonardo M. Tenti  
Guillermo A. Schulz  
Darío M. Rodríguez  
Emiliano M. Bressan  
Patricia F. Carfagno  
Julieta Irigoín



**AACCS**  
ASOCIACIÓN ARGENTINA  
CIENCIA DEL SUELO

**EFA**



EDITORIAL FACULTAD AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

**XXVIII**  
Congreso  
Argentino  
de la Ciencia  
del Suelo

Buenos Aires 2022



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,  
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía  
Argentina

Guía de reconocimiento de suelos: gira edafológica por el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias-CNIA-INTA / Héctor J. M. Morrás... [et al.].- 1a ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía. Editorial Facultad de Agronomía; Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 2022. 44 p. ; 23 x 15 cm.

ISBN 978-987-3738-40-1

1. Edafología. 2. Suelos. I. Morrás, Héctor J. M. CDD 631.402

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.743  
Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción o uso tanto en español o en cualquier otro idioma, en todo o en parte por ningún medio mecánico o electrónico, para uso público o privado, sin la previa autorización por escrito de la editorial y los autores.

ISBN 978-987-3738-40-1



**AACS**  
ASOCIACIÓN ARGENTINA  
CIENCIA DEL SUELO



EDITORIAL FACULTAD AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

**XXVIII**  
Congreso  
Argentino  
de la Ciencia  
del Suelo  
Buenos Aires 2022



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,  
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía  
**Argentina**



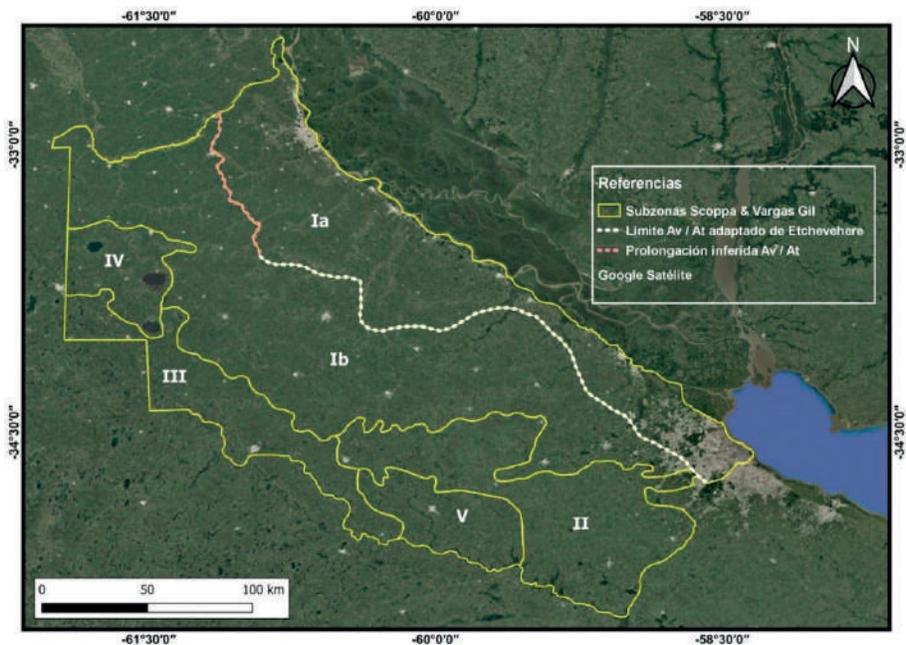
## Contenido

<b>I- RASGOS AMBIENTALES DE LA PAMPA ONDULADA ALTA</b> .....	1
I-1. Geología .....	2
I-2. Mineralogía y distribución espacial de los sedimentos superficiales de la Pampa Ondulada. ....	4
I-3. Morfología general de la Pampa Ondulada .....	6
I-4. Geomorfología y suelos del sector oriental de la Pampa Ondulada .....	7
<b>II- SUELOS Y AMBIENTE EN EL   ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES</b> .....	10
II-1. Los suelos del sureste de la Pampa Ondulada Alta .....	10
<b>III- AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DEL MATERIAL   PARENTAL Y LA GÉNESIS DE SUELOS EN EL   SURESTE DE LA PAMPA ONDULADA ALTA</b> .....	14
III-1. Materiales parentales del suelo en la zona de Castelar, sureste de la Pampa Ondulada Alta .....	14
III-2. Génesis de suelos y evolución del paisaje en el sureste de la Pampa Ondulada Alta.....	17
<b>IV- LOS VERTISOLES “OCULTOS”   DE LA PAMPA ONDULADA ALTA</b> .....	19
IV-1. Un caso de estudio en el predio del CNIA-INTA.....	19
IV-2. Síntesis.....	22
<b>V- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PERFILES   DE SUELO EN EL CNIA-INTA</b> .....	24
V-1. El Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del INTA.....	24
V-2. Geomorfología y suelos.....	24
V-3. Perfiles de suelos característicos del CNIA-INTA .....	25
<b>VI- REFERENCIAS</b> .....	37



# I- RASGOS AMBIENTALES DE LA PAMPA ONDULADA ALTA

En la margen derecha de los ríos Paraná y de la Plata, en el noreste de la región, diversos autores reconocieron una unidad diferenciada de otros sectores de la Pampa. Así por ejemplo Pasotti y Castellanos (1963) y Pasotti (1968) en base a criterios geológicos y estableciendo una comparación con otros sectores situados hacia el oeste denominan a este sector Pampa Levantada, en tanto Daus (1946) sobre la base de su morfología superficial lo denomina Pampa Ondulada (*figura 1*). Esta unidad que constituye una franja de 120-180 km de ancho, se encuentra comprendida entre el curso del río Carcarañá al norte, en la provincia de Santa Fe y un pequeño sector de la provincia de Córdoba, entre el río Paraná y el río de la Plata hacia el noreste, y el río Salado de la provincia de Buenos Aires al sur-suroeste. Más tarde otros autores (e.g. Etchevehere, 1961; Cappannini y Domínguez, 1961) distinguieron en esta sub-región dos unidades: una situada hacia el norte y denominada Pampa Ondulada Alta o espe-



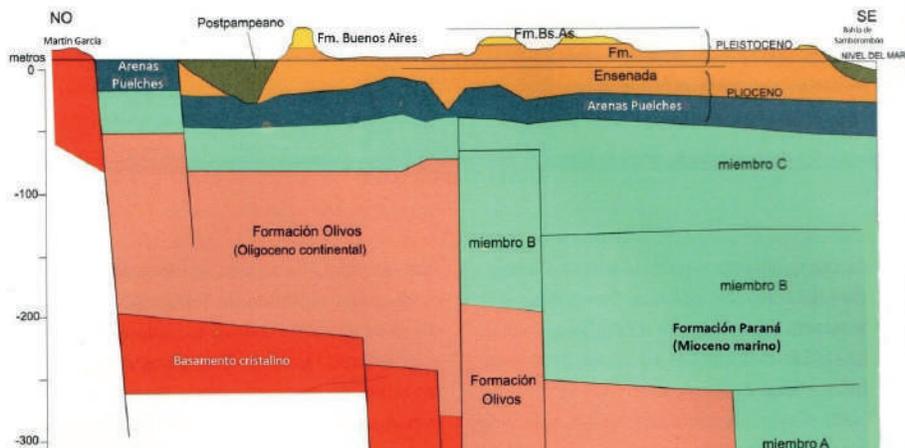
**Figura 1.** Sub-zonas geo-edafológicas en la Pampa Ondulada. Líneas continuas en amarillo: sub-zonas geomorfológicas de acuerdo a Scoppa y Vargas Gil (1969). Línea punteada blanca: límite entre asociaciones dominantes de suelos vérticos (Ia) y típicos (Ib) de acuerdo a Etchevehere (1975). Línea punteada rosa: prolongación inferida en la provincia de Santa Fe del límite entre subgrupos de suelos vérticos y típicos basada en la información del Atlas de Suelos de la República Argentina.

cíficamente Pampa Ondulada, y otra situada hacia el sur del río Matanza, denominada Pampa Ondulada Baja o Pampa Baja, la que constituye una unidad transicional hacia la Pampa Deprimida.

## I-1. Geología

La Pampa Ondulada constituye una extensa y profunda cuenca sedimentaria, con un basamento cristalino constituido por rocas ígneas y metamórficas, originado a principios del Proterozoico, que se encuentra a gran profundidad y cubierto por sucesivos depósitos marinos, fluviales y eólicos. Ese basamento se encuentra fracturado en bloques escalonados debido a movimientos verticales de distinta magnitud. En la isla Martín García el basamento aflora, en el ámbito de la ciudad de Buenos Aires se encuentra a profundidades que oscilan entre 250 y 400 m, en la sub-cuenca de Rosario se encuentra a unos 1.500 de profundidad, en tanto se hallaría a más de 6.000 metros en la Pampa Deprimida (Cingolani, 2005; Zárate y Rabassa, 2005; Nabel y Pereyra, 2002) (*figura 2*).

Apoyados en el basamento fracturado, en el ámbito bonaerense de la Pampa Ondulada se encuentran los sedimentos continentales de edad Terciaria de la Formación Olivos. A continuación se encuentran los sedimentos marinos de la Formación Paraná depositados en el Mioceno Medio a Tardío. Posteriormente, hace unos cinco millones de años, se depositaron las arenas cuarzosas de la Formación Puelches, las que aparecen en el área metropolitana de Buenos Aires entre los 20 y 30 m de profundidad y constituyen el acuífero más importante de la Región Pampeana. El período geológico más reciente, el Cuaternario, incluye el Pleistoceno iniciado hace unos 2 Ma, caracterizado por sucesivas glaciaciones y etapas interglaciares más cálidas, y el Holoceno que constituye un interglaciar y abarca los últimos 10.000 años de la historia terrestre. En la región, los depósitos más recientes y superficiales son los denominados Pampeanos y Post-Pampeanos, constituidos preponderantemente por sedimentos loessoides que en el subsuelo del área metropolitana tienen espesores medios de 40-50 m. Intercalados en estos sedimentos se encuentran varios niveles de paleosuelos así como



**Figura 2.** Esquema de las unidades geológicas en el noreste de la provincia de Buenos Aires a lo largo de la costa del río de la Plata, desde la isla Martín García hasta la Bahía de Samborombón (modificado de Nabel y Pereyra, 2000)

niveles de calcretas (tosca). En la región costera, intercalados en los depósitos loésicos se observan estratos marinos que desaparecen en forma de cuña tierra adentro.

Desde el punto de vista estratigráfico, y sobrepuesto a las Arenas Puelches, el estrato más antiguo de los sedimentos Pampeanos es la Formación Ensenada. Esta tiene un espesor de unos 30 metros y aflora naturalmente en algunos sectores bajos del relieve. En su parte superior se presentan depósitos calcáreos (toscas) que afloran en la costa del Río de la Plata y que en ciertos sectores constituyen el piso de los cauces fluviales, formando resaltos en su perfil longitudinal. Por encima de la Formación Ensenada se encuentran los sedimentos loésicos de la Formación Buenos Aires, depositados luego del cambio de polaridad magnética terrestre inversa (cron Matuyama) a polaridad normal (cron Brunhes), lo que ocurrió hace unos 780.000 años. La Formación Buenos Aires tiene un espesor de unos 6 m y constituyen la porción superficial y más reciente de los Sedimentos Pampeanos. Su importancia radica en que en esta formación se han desarrollado la mayor parte de los suelos de la región, especialmente en los sectores elevados del paisaje. Estos sedimentos presentan también acumulaciones calcáreas, en algunos casos en forma de nódulos o “muñecos de tosca” y en otros como calcretas laminares.

A partir del último período glacial en el Pleistoceno Superior se inicia la deposición de los sedimentos post-pampeanos. Este ciclo se inicia estratigráficamente con la Formación Luján, cuya edad se considera haberse extendido entre 28.000 y 8.000 años AP, y corresponde a depósitos sedimentados en las llanuras aluviales y en depresiones. El espesor de esta unidad varía de un valle a otro, pero generalmente oscila alrededor de 3 m y en el ámbito del AMBA aparecen en los principales cursos fluviales (ríos Matanza, Reconquista y Luján).

Hace unos 10.000 años, se inicia el actual período interglacial: el Holoceno. Esto se corresponde con un progresivo aumento de las temperaturas y de las precipitaciones en la Región Pampeana, y el inicio de la formación de los suelos actuales. Como consecuencia de las condiciones más cálidas y de la elevación del nivel del mar, hace unos 6.000 años se produjo también una fase ingresiva marina que penetró en el continente aguas arriba por los ríos y arroyos que desaguan en el Río de la Plata y en el Paraná, hasta las cercanías de Rosario, denominada Formación Querandí o “querandinense”. Estas arcillas que alcanzan hasta 10 m de espesor se acumularon al pie de la barranca que margina la ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires formando una amplia planicie anegable. En la ciudad de Buenos Aires estos materiales se hallan mayormente obliterados por los rellenos realizados, pero son visibles en todo el sur del Gran Buenos Aires formando una faja de hasta 5 km de ancho desde Avellaneda hasta Berisso. Con posterioridad, en el Holoceno Medio entre los 6.000 y 3.000 años antes del presente sobreviene un nuevo ciclo frío y seco en la Región Pampeana; como consecuencia se produjo una facies regresiva con disminución de los caudales de los ríos y un aumento de la acción eólica, depositándose los sedimentos eólicos y fluviales de la Formación La Plata o “Platense”. Estos sedimentos del “Platense eólico” se presentan en los sectores más altos del AMBA coronando los sedimentos de la Fm. Buenos Aires (Zárate, 2005). Coincidiendo con los procesos mencionados se produjo el retiro del mar, dando lugar a la denominada “regresión Platense”. Esto dio lugar a la deposición en la región litoral de cordones conchiles, de unos 2-5 m de espesor, reconocibles hacia el sur de la ciudad de Buenos Aires en la mayor parte de la costa bonaerense. Hacia el norte de la ciudad, esos cordones litorales

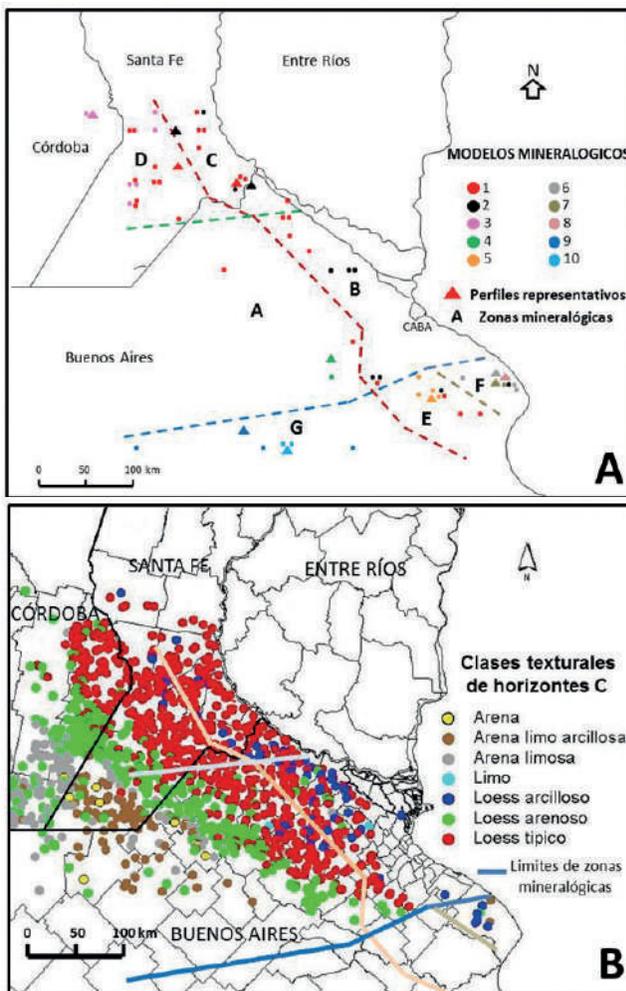
se observan en la desembocadura del río Luján y en las antiguas ensenadas de los ríos. Coronando la secuencia estratigráfica, los sedimentos naturales actuales son sobre todo depósitos fluviales, que en el caso del estuario del Río de la Plata forman un delta subfluvial o “prodelta”. Por otro lado en el ámbito de la ciudad se encuentran diferentes materiales de relleno antrópico, tanto minerales como orgánicos, localizados sobre todo en las márgenes de los ríos, tanto del río de la Plata como de sus afluentes.

## **I-2. Mineralogía y distribución espacial de los sedimentos superficiales de la Pampa Ondulada**

Existe consenso en que las principales áreas fuente de los depósitos pampeanos de limos y arenas se encuentran en el norte de la Patagonia y la cordillera de los Andes. Inicialmente se consideró que estas partículas fueron transportadas por el viento directamente desde esas áreas (Teruggi, 1957; Sayago, 1995) aunque también se ha propuesto una etapa de transporte fluvial que habría precedido la deflación de los depósitos en las llanuras aluviales que bordean la Pampa (González Bonorino, 1965; Zárate y Blasi, 1993; Iriondo, 1990). Se admite que el transporte eólico promovió la selección granulométrica de los sedimentos, dado el decrecimiento progresivo del tamaño de grano desde sudoeste hacia el noreste de la Región Pampeana (Iñíguez y Scoppa, 1970; Iriondo, 1994; Iriondo y Kröhlhling, 1995; 1996). Sin embargo, otros procesos pueden haber influido también en esa diferenciación granulométrica espacial. La incorporación por caída directa de cenizas volcánicas producidas por erupciones en la zona andina jugó también un rol fundamental en la formación de los sedimentos pampeanos (Imbellone y Camilión, 1988; Zárate y Blasi, 1993). En consonancia con el criterio inicial de un área fuente casi exclusiva localizada hacia el oeste y suroeste de la Región Pampeana, durante largo tiempo y en diversos trabajos se consideró que estos sedimentos eran mineralógicamente homogéneos, exceptuando el hecho de la presencia de contenidos variables de vidrio volcánico (Teruggi, 1957; Scoppa, 1976; Teruggi e Imbellone, 1983). Sin embargo, un número considerable de trabajos sobre la fracción arena de sedimentos y suelos de distintos ámbitos pampeanos y chaqueños han demostrado la existencia de diversas fuentes y procesos de aporte en la formación de la masa sedimentaria (e.g. González Bonorino 1965, Bertoldi de Pomar, 1969; Morrás y Delaune, 1985; Zárate y Blasi 1993, Etchichury y Tófaló 2004). También, estudios geoquímicos y de las fracciones arcilla y limo indican variaciones espaciales en la composición mineralógica que sugieren la existencia de aportes de origen diverso. Así, revisiones de toda la información actualmente disponible ponen en evidencia un escenario mucho más complejo que el considerado inicialmente y han permitido fundamentar un nuevo paradigma de multiplicidad de origen y de heterogeneidad de composición de los sedimentos pampeanos (Zárate, 2003; Morrás, 1999; 2003; 2020-a).

En este marco, el análisis de la información sobre la composición de la fracción arena de numerosos perfiles completos y de muestras de horizontes BC o C de la Pampa Ondulada y sectores vecinos (Morrás, 2003; 2020-a; 2020-b) ha permitido constatar la existencia de diversas combinaciones en la composición mineralógica de la arena. De este modo se identificaron **10 tipos de perfiles o “modelos mineralógicos”** caracterizados por la diferente distribución vertical de minerales mayoritarios y/o significativos por su proveniencia (*figura 3.A*). Algunos de estos “modelos” tienen una distribución geográfica acotada, localizados en ambientes específicos de la región, en tanto otros son más ubicuos

y se presentan en distintas zonas. También, este análisis permitió mostrar la yuxtaposición muy cercana de “modelos mineralógicos” muy disímiles entre sí, lo que demuestra la heterogeneidad composicional de los sedimentos loésicos superficiales. Así, el análisis conjunto de las representaciones cartográficas de todos los datos a distintas profundidades y de la distribución y asociación espacial de los “modelos mineralógicos” ha permitido distinguir 7 “zonas mineralógicas” en el área estudiada, caracterizadas por la predominancia de uno o dos de los “modelos” mineralógicos. Por un lado, la franja más próxima al eje fluvial Paraná-de la Plata (que incluye los sectores B, C, E y F) se caracteriza por la presencia del “modelo mineralógico” 2, en el que se presenta una mayor proporción de cuarzo y otros minerales procedentes de fuentes de la cuenca del Paraná y con una reducida proporción de vidrio volcánico. Por otro lado, la distribución de los otros “modelos mineralógicos” permitió diferenciar de norte a sur tres franjas de orientación latitudinal. El sector norte, donde se encuentran las “zonas mineralógicas” C y D, se caracteriza por mayor proporción de micas y anfíboles procedentes de aportes de la Sierras Pampeanas. La franja meridional donde se



**Figura 3.A:** Zonas mineralógicas en la Pampa Ondulada y sectores vecinos en función de los modelos mineralógicos predominantes de la fracción arena. **B:** Relación entre las zonas mineralógicas de la fracción arena y los tipos de sedimentos de acuerdo a la clasificación de Bidart (tomado de Morrás, 2020-a)

encuentran las zonas E, F y G se caracteriza por la abundancia de piroxenos y fragmentos líticos, los que encontrarían su origen en aportes volcanoclásticos de fuentes andinas y norpatagónicas. La franja central de la Pampa Ondulada, correspondiente a las “zonas” A y B, presenta características intermedias o transicionales entre las dos anteriores.

Por otro lado, el análisis de la composición granulométrica de una gran cantidad de perfiles de suelo de la Pampa Norte mostró la existencia de varias franjas sucesivas de granulometría más fina hacia el río Paraná (Morrás y Cruzate, 2000). La superposición en ese mapa de las líneas demarcatorias de las “zonas mineralógicas” permite constatar que toda la franja proximal al eje fluvial Paraná-de la Plata, en particular donde se encuentran las “zonas mineralógicas” B y C (modelos mineralógicos 1 y 2), coincide con la coexistencia de suelos desarrollados sobre loess típico con otros desarrollados sobre loess arcilloso (*figura 3.B*).

### **I-3. Morfología general de la Pampa Ondulada**

En superficie, el conjunto de la Pampa Ondulada forma un interfluvio ancho que se estrecha gradualmente hacia el sudeste. Su linde occidental lo constituye una geofractura que se extiende desde el Chaco y determina en Buenos Aires el curso del río Salado, en tanto el linde oriental es la geofractura recorrida por el río Paraná que la separa del bloque mesopotámico. La ondulación a la que se alude en este sector pampeano es resultante de la erosión fluvial en una planicie agradacional pleistocena, generada por el levantamiento acompañado de un ligero basculamiento de todo el bloque. A su vez, este se halla atravesado por fracturas ortogonales del zócalo, que generaron numerosos bloques menores que se movieron independientemente unos de otros y con velocidades distintas (Pasotti, 1974). Estas dislocaciones se reflejan en la superficie dando origen a numerosos cursos autóctonos (con la excepción del río Carcarañá que resulta de la confluencia de los ríos Tercero y Cuarto) orientados de S a N y tributarios del eje fluvial Paraná-Río de la Plata; estos fueron labrados en el sustrato de limos de la Formación Pampeano en un clima húmedo y durante un movimiento general de ascenso.

En relación con otros sectores de la pampa bonaerense, esta región presenta los máximos valores de densidad y frecuencia de ríos. Los valles son amplios, con planicies de inundación extensas y cuencas claramente definidas. Los interfluvios entre los cauces conforman planicies loésicas en lomadas suaves y largas. Los cursos se encajonan gradualmente en dirección al Paraná, las pendientes aumentan y el drenaje de los interfluvios también aumenta. Los tramos inferiores de varios cursos del sector central hasta la zona del río Arrecifes actuaron como ambientes estuáricos durante el máximo transgresivo postglacial del Holoceno medio, ensanchando las llanuras de inundación de los mismos. Hacia el sur de la ciudad de Buenos Aires, la planicie disectada por los valles (denominada anteriormente como “terrazza alta”) limita a través de un escalón topográfico de unos 10 m de altura con la planicie costera generada durante el episodio transgresivo del Holoceno medio (denominada “terrazza baja”) (Cappannini, 1952; Zárate y Rabassa, 2005).

De manera sintética puede decirse que la Pampa Ondulada constituye una unidad fisiográfica desarrollada en sedimentos loésicos, caracterizada por un relieve suavemente ondulado, recortado por cañadas, arroyos y ríos, con vegetación gramínea y en la que se han desarrollado suelos de pradera. En la provincia de Buenos Aires el relieve es ondulado con pendientes en general inferiores al 2% aunque hay sectores en que llegan al 5%. En la provincia de Santa Fe el relieve es algo más plano, con lomas extendidas que generalmente no alcanzan el 2% de pendiente. El sector correspondiente a la provincia de Córdoba se ca-

racteriza por lomadas casi planas que incluyen algunas áreas deprimidas. Como base para el mapeo de suelos de la Pampa Ondulada y en función de las características del paisaje y de la granulometría de los sedimentos superficiales, Scoppa y Vargas Gil (1969) distinguieron en esta sub-región cinco sub-zonas (*figura 1*).

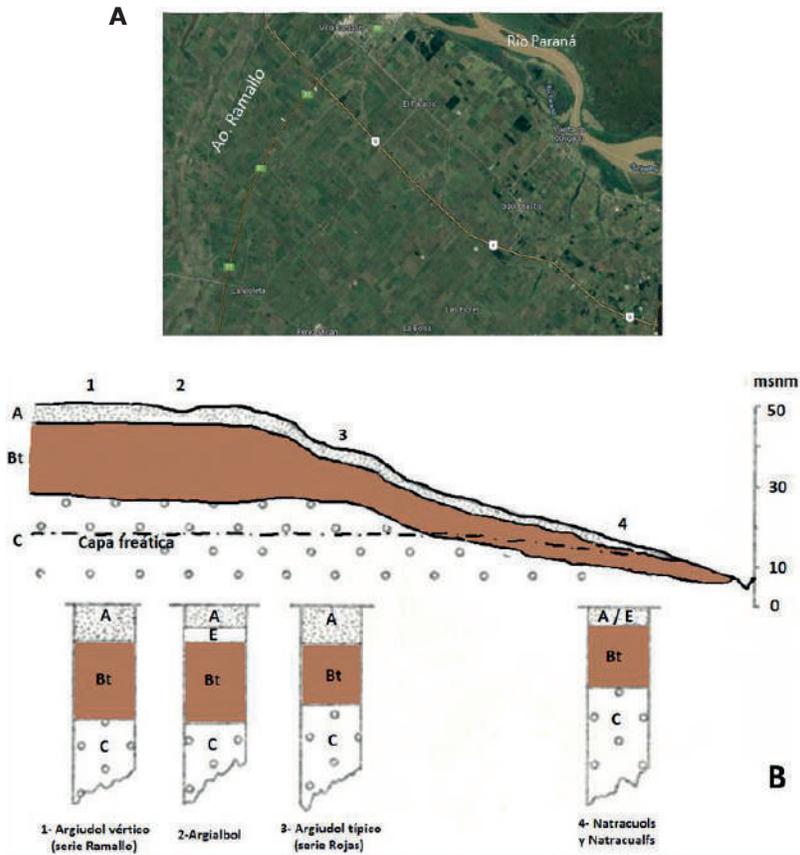
#### **I-4. Geomorfología y suelos del sector oriental de la Pampa Ondulada**

La sub-zona I identificada por Scoppa y Vargas Gil (1969) se extiende como una franja de ancho variable entre 50 y 110 km, dispuesta paralelamente al río Paraná, desde el río Carcarañá por el norte hasta el río Matanza en el área urbana de la ciudad de Buenos Aires por el sur. Hacia el este termina en la barranca del Paraná. El límite oeste se establece en la divisoria de aguas entre los ríos Paraná y Salado, siendo este menos preciso hacia el norte del área. Se caracteriza por el mayor potencial morfogenético con una red de drenaje de tipo dendrítico. Los cursos más importantes que la recorren en la Pampa Ondulada Alta son desde el norte: el río Carcarañá, los arroyos Saladillo, Pavón y del Medio, el sistema Pergamino-Arrecifes (con sus tributarios Rojas-Salto), el río Areco, la Cañada de la Cruz, y los ríos Luján, Reconquista y Matanza. El relieve es claramente ondulado con pendientes que en general no alcanzan el 2% aunque en algunos sectores superan el 3%. En los interfluvios y en las nacientes de los cursos de agua las lomadas tienen un dorso plano ligeramente convexo con pendientes que no superan el 0,5%, pudiendo tener problemas de estancamiento de aguas en pequeñas cubetas de decantación de forma circular y aproximadamente de 2,5 ha de superficie. En las desembocaduras de los afluentes, las lomadas lobulares se muestran en planta como digitaciones alargadas o redondeadas, pero siempre convexas y con pendientes que llegan excepcionalmente al 4%. En el mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires en escala 1:500.000 (SAGyP-INTA, 1989), buena parte de esta sub-zona está dividida en los dominios edáficos 7 y 8. En la práctica, con una perspectiva regional y considerando tanto el relieve como los suelos predominantes, y siguiendo también el criterio cartográfico de asociaciones de suelos dominantes utilizado por Etchevehere (1975) para la provincia de Buenos Aires, encontramos conveniente subdividir esta zona en otras dos sub-zonas (sub-zona I-a y sub-zona I-b) (*figura 1*).

De este modo, **la sub-zona I-a** constituye la franja noreste que bordea el río Paraná, extendiéndose desde el río Carcarañá al norte hasta el extremo sureste de la Pampa Ondulada Baja, en la transición con la Pampa Deprimida. Como se mencionó más arriba, en esta franja la proporción de partículas finas se incrementa dando lugar a la predominancia de loess arcilloso (Morrás y Cruzate, 2000). Desde el punto de vista mineralógico, en el material parental y los suelos de esta franja, la fracción arena presenta un porcentaje de cuarzo más abundante (Etchichury y Tófaló, 2004; Morrás, 2003; 2020-a) y la mineralogía magnética presenta valores de susceptibilidad inferiores al de otros sectores de la Pampa Ondulada (Morrás *et al.*, 2022). Particularmente relevante, y tal cómo ha sido puesto en evidencia en distintos trabajos, lo constituye el hecho que la proporción de esmectita y de interstratificados illita-esmectita así como propiedades físicas (e.g. plasticidad, retención de agua) y físico-químicas (e.g. capacidad de intercambio catiónico) y morfológicas (caras de fricción y grietas) asociadas a los minerales expandibles, es mayor en los suelos de esta franja (Iñiguez y Scoppa, 1970; Scoppa, 1974; Nabel *et al.*, 1999; Imbellone *et al.*, 2010; Angelini, 2018; Bressan *et al.*, 2014; Morrás y Moretti, 2016; Morrás *et al.*, 2022). Estas características

composicionales en esta franja de la Pampa Ondulada se relacionan con la presencia de Argiudoles vérticos, por ejemplo las series Solís, Ramallo, Portela en Buenos Aires, y Roldán y posiblemente Peyrano en Santa Fe.

En diferentes sectores de la llanura alta de esta sub-región I-a, en lomas y particularmente en las pendientes, los suelos vérticos aparecen asociados con Argiudoles típicos. Además de estos suelos zonales característicos, en las cañadas que recortan las lomadas, en las vías de escurrimiento definidas y en algunas cubetas, aparecen suelos hidromórficos como Argialboles o Argiacuoles. Asimismo, en las partes bajas adyacentes a los cursos de agua aparecen algunos suelos sódicos (Natracuoles o Natracualfes). Una imagen de esta sub-región correspondiente al área de que rodea la localidad de Ramallo y donde se aprecia la morfología del paisaje se presenta en la *figura 4.A* en tanto un esquema de perfil topográfico de la misma área con la posición en el paisaje de los principales suelos se presenta en la *figura 4.B*.

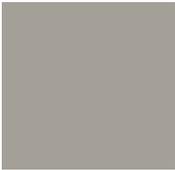


**Figura 4.A:** Sector de la Pampa Ondulada bonaerense donde se ha identificado la serie Ramallo (Argiudol vértico) ocupando la cresta de las lomas. En la imagen se aprecia el Ao. Ramallo y diversas cañadas y arroyos menores con dirección SO-NE que desembocan en el río Paraná. **B:** perfil topográfico con las relaciones suelo-paisaje en el área de distribución de la serie Ramallo, en la sub-zona geomorfológica I-a (modificado de Scoppa, 1974)

La **sub-zona I-b** está constituida por la parte alta de la llanura, que constituye la divisoria de aguas y en la que se encuentra la cuenca superior de los cursos que desembocan en el Paraná. El paisaje es de planicies suave a fuertemente onduladas. En esta sub-zona predominan los Argiudoles típicos, en general sin tosca subsuperficial, como por ejemplo en la provincia de Buenos Aires las series Urquiza, Arroyo Dulce y Pergamino. Son perfiles profundos, bien drenados, neutros, con secuencia de horizontes A, B, C claramente diferenciados. El horizonte superficial alcanza espesores de entre 25 cm y 35 cm y posee textura franco-limosa y estructura granular. Está bien provisto de materia orgánica (entre 2 y 4%) y tiene alta capacidad de intercambio catiónico. El horizonte iluvial B tiene alrededor de 60 cm de potencia pero alcanza en algunos casos más de 80 cm; tiene textura franco-arcillo-limosa y está estructurado en prismas fuertes. El material originario no edafizado aparece a más de 1,5 m de profundidad.

En la provincia de Santa Fe, en este sector I-b de la Pampa Ondulada el relieve es algo más plano, particularmente hacia el oeste, y está ampliamente dominado por Argiudoles típicos, con características similares a los de Buenos Aires. El desarrollo del horizonte Bt argílico disminuye gradualmente desde el este (B más pesado y de mayor potencia) hacia el oeste (B con menos enriquecimiento en arcilla y menos espeso), correlativamente con la variación granulométrica del material parental (de limoso en el este a franco en el oeste) y con la disminución de las precipitaciones en el mismo sentido. En la provincia de Córdoba, la Pampa Ondulada atenúa su relieve y está caracterizada por muy amplias lomadas disectadas por cauces de avenamiento, en su mayoría temporarios, pero que en algunos sectores generan cárcavas de hasta 2 m de profundidad. Hacia el oeste pasa gradualmente a una llanura plana con escaso drenaje superficial, poblada de cubetas y vías de escurrimiento sin dirección definida. En el sector este de Córdoba predominan Argiudoles típicos algo menos desarrollados que en el sector bonaerense.

La limitación más importante de los suelos de las sub-zonas I-a y I-b radica en la susceptibilidad a la erosión hídrica, consecuencia de las pendientes y la relativamente baja permeabilidad del horizonte B. Esta situación se ve agravada por los prolongados períodos que pasan los suelos desprovistos de vegetación ante su uso intensivo.



## II- SUELOS Y AMBIENTE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) se halla asentada en la margen del Río de la Plata en el extremo meridional de la Pampa Ondulada Alta. Su límite sur lo constituye el río Matanza-Riachuelo, considerado el límite entre la Pampa Ondulada Alta y la Pampa Ondulada Baja (Cappannini y Domínguez, 1961). En su ámbito, la Ciudad incluye diversos ambientes geomorfológicos: una gran parte de la superficie de la Ciudad corresponde a las lomadas “loésicas”, otra parte se asienta en valles fluviales que cortan la planicie y otra pequeña porción se ubica en la terraza baja del Río de la Plata, con características morfológicas y de materiales diferentes a los de la planicie pampeana (Morrás, 2010). La Ciudad así como diversos Partidos del conurbano se encuentran enteramente localizados en la sub-zona I-a de la Pampa Ondulada que se ha descrito más arriba. Sin embargo, resulta útil considerar sectores relativamente alejados del núcleo urbano pero que tienen múltiples relaciones económicas y sociales con el mismo.

En consecuencia, en lo que sigue se describen los suelos de diversos ambientes del sur-este de la Pampa Ondulada que incluye el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y el sector rural que la rodea (*figura 6*). Para esto, se ha seleccionado un área con forma de semicírculo irregular, cuyo límite tiene un radio desde CABA que oscila entre unos 40 km hacia el sur y unos 190 km hacia el noroeste en la cuenca alta del río Luján, incluyendo por lo tanto sectores de partidos algo distantes del núcleo urbano, tales como San Andrés de Giles, Suipacha, Navarro y Cañuelas. El área considerada incluye sectores de la sub-zonas geomorfológicas I-a, I-b y II, además de un pequeño sector de la Pampa Ondulada Baja.

### II-1. Los suelos del sureste de la Pampa Ondulada Alta

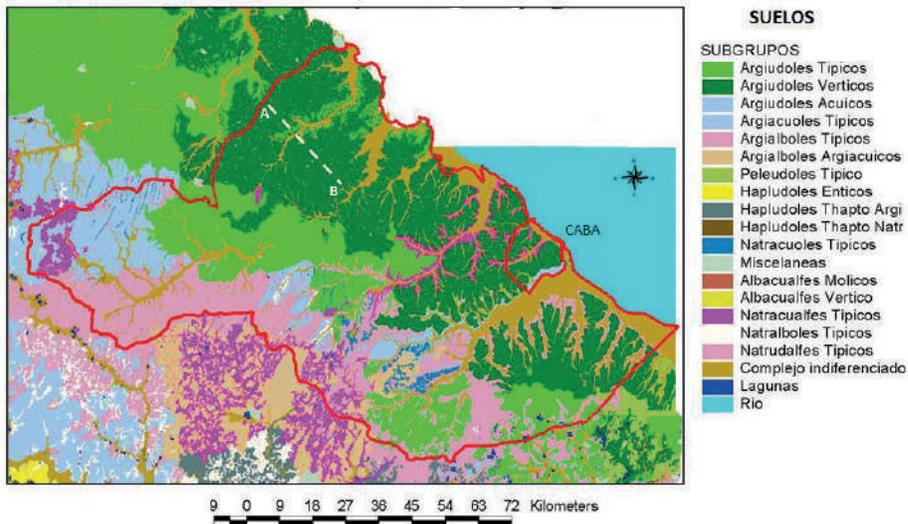
En el sector de la Pampa Ondulada donde se encuentra el área metropolitana, y en una franja de unos 50-60 km de ancho desde el Río de la Plata, los suelos zonales dominantes a nivel de Gran Grupo son los Argiudoles. Aún más en detalle, entre estos se diferencian dos sub-grupos que se distribuyen en dos franjas paralelas al eje fluvial Paraná-de la Plata: los **Argiudoles vérticos** en la franja más cercana a estos cursos y los **Argiudoles típicos** localizados en la franja más alejada (*figura 5*).

Los **Argiudoles típicos** de este sector de la Pampa Ondulada son suelos que tienen un horizonte B fuertemente enriquecido en arcilla iluvial, cuyo contenido oscila entre un 50% sobre todo en los suelos situados más al este y un 30% en aquellos situados más al oeste. Si bien esta alta proporción de arcillas constituye un cierto impedimento en la permeabilidad, el hecho que en estos suelos sean fundamentalmente de tipo “illítico” hace que en condiciones húmedas la expansión sea limitada y la estructura general y la porosidad de los mismos sea relativamente estable. En esta área uno de los Argiudoles típicos representativos corresponde a la *Serie Mercedes*, de importante extensión areal en la cuenca media del Río Luján.

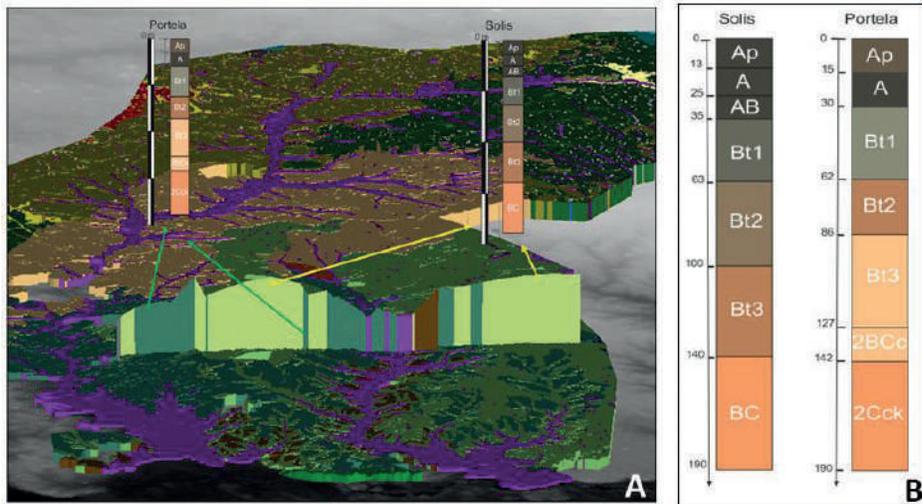
Por el contrario, los **Argiudoles vérticos**, además de tener habitualmente contenidos elevados de arcilla, se caracterizan por una mayor proporción de arcillas esmectíticas. Como consecuencia, estos suelos presentan fenómenos de expansión más marcados en condiciones húmedas que son la causa de una permeabilidad muy reducida, así como de procesos de movimiento interno de la masa de suelo con efectos en la morfología del suelo y en su uso. Así por ejemplo, esos procesos de expansión-contracción afectan en muchos casos las fundaciones y estructuras construidas en el área urbana, generando movimientos y fisuras de variada consecuencia. En el área considerada los Argiudoles vérticos más comunes corresponden a la *Serie Solís*, en las lomas al norte y sur de Río Areco, la *Serie Portela* en todos los interfluvios de las cuencas inferiores de los cursos de agua que desembocan en el Paraná hasta el Matanzas-Riachuelo en posición de pendiente y la *Serie Seguí* en lomas convexas y pendientes hacia la ciudad de La Plata.

En las *figuras 5 y 6* se presenta la transecta A-B localizada en la franja proximal al río Paraná y su Delta, a través de la cuenca baja del Ao. de la Cruz y del río Luján. Este sector es representativo de la sub-zona geomorfológica I-a en la que predominan los Argiudoles vérticos con series diferenciadas según su posición en el relieve. En este caso y distribuidas de manera yuxtapuesta en un mosaico complejo se presenta la serie *Solís* en las lomas y *Portela* en las pendientes.

En la parte baja de las pendientes los suelos pueden ser tanto Argiudoles típicos como Argiudoles vérticos, pero con características diferentes a aquellos que se encuentran en las lomas. Una de las características puede ser una menor profundidad del horizonte argílico, la presencia en el perfil de discontinuidades litológicas o cronológicas debidas a dicontinuidades en los procesos de sedimentación del material parental de los suelos, y a la presencia a menor profundidad de acumulaciones de carbonato de calcio en forma de nódulos, rizoconcreciones o calcretas laminares.



**Figura 5.** Mapa de suelos del AMBA y área rural circundante. Subgrupos predominantes y localización de la transecta A-B referida en el texto (mapa por G. Cruzate; modificado de AABA. Morrás *et al.*, 2007).



**Figura 6.A:** Localización en el relieve de las series Solís y Portela (Argiudoles vérticos) en los interfluvios del Arroyo de la Cruz y el río Luján (imagen virtual con vista desde el Delta del Paraná hacia el interior de la planicie loésica). **B:** secuencia de horizontes de las series Solís y Portela.

Además de los Argiudoles típicos y vérticos que constituyen los suelos zonales en este sector pampeano de relieve más ondulado, diversos otros tipos de suelos caracterizados por condiciones hidromórficas y/o de sodicidad se encuentran también en posiciones topográficas elevadas en lomas planas y de escasa pendiente hacia el oeste del área metropolitana. Así, por ejemplo, en la cuenca superior del río Luján, en lomas planas al norte de la misma abundan los **Argiudoles ácuicos** correspondientes a la *Serie Gouin*. También, en zonas de relieve plano en las que el suelo se sobresatura temporariamente con agua en superficie, los suelos suelen desarrollar un horizonte E de color grisáceo. Así por ejemplo en la vertiente sur de la cuenca superior del Río Luján y en las cabeceras del Río Reconquista se presentan los **Argialboles** típicos de la *Serie Suipacha*.

Hacia el sur-oeste del área metropolitana, en transición con la sub-zona geomorfológica II, se encuentran las cabeceras del río Matanza, en los Partidos de Gral. Las Heras y Cañuelas. En este sector se presentan áreas planas o deprimidas con microrelieve, y en las que los suelos desarrollan un horizonte álbico y es a la vez notoria la sobresaturación hídrica en el perfil. Así, en las microelevaciones se presentan Argialboles argiácuicos de la *Serie Navarro*. Por otra parte, en las áreas deprimidas con dificultades de drenaje, incluyendo aquellas cubetas cerradas o microdepressiones que se presentan en lomas planas, los suelos pueden hallarse afectados por napas salinas, con horizontes B enriquecidos en sales y en sodio de intercambio. Así, estos suelos pueden ser clasificados como **Natracualfes**, **Natracuoles** o **Natralboles**, como por ejemplo los **Natracualfes** típicos de la *Serie Gowland*.

En lomas más onduladas de este sector se encuentran suelos desarrollados sobre materiales eólicos post-pampeanos de la Fm. La Postrera o Platense eólico. Estos suelos tienen un menor desarrollo pedogenético, con una secuencia de horizontes A-AC-C, o bien con un horizonte Bw cámbico apenas caracterizado por cambios de color y estructura dando lugar a suelos clasificados como **Hapludoles típicos** y **Hapludoles**

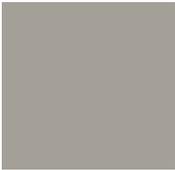
**thapto-árgicos.** Un ejemplo de estos últimos es la *Serie Brandsen*, que se presenta en la vertiente sur de la cuenca superior del Río Matanza. Este suelo se observa también en la vertiente norte de la cuenca media del Río Reconquista. Es de mencionar que hacia el norte del sector aquí considerado, en áreas topográficamente elevadas en las cercanías de San Antonio de Areco, se presentan también estos materiales post-pampeanos de textura limosa, recubriendo y fosilizando Argiudoles desarrollados en el loess Bonaerense (Pampeano), pero que en este caso ya muestran procesos de iluvación y el desarrollo de un horizonte argílico habiendo evolucionado hacia Argiudoles típicos (e.g. *Serie Capitán Sarmiento*).

Por otro lado, en los valles fluviales de los diversos cursos que atraviesan la Pampa Ondulada, se encuentran complejos de suelos derivados de procesos periódicos de sedimentación y afectados por excesos de agua superficial y subterránea, tales como Endoacuoles o Hapludoles ácuicos. También, y de manera muy localizada y restringido a los valles fluviales existen **Entisoles**, tales como los **Udifluventes** típicos que en esta área pueden encontrarse en las márgenes de muchos arroyos.

Por otra parte, al sur del Matanza-Riachuelo, en el sector sur del AMBA y de manera característica en el ámbito del Gran La Plata, es decir ya en la Pampa Ondulada Baja, también se han desarrollado **Vertisoles** sobre sedimentos continentales eólicos con arcillas esmectíticas. Es así que suelos **Hapludertes** típicos correspondientes a la *Serie Gorina* se presentan en esta área, tanto en posiciones elevadas del paisaje como en pendientes, en asociación con Argiudoles vérticos.

Finalmente, en las cotas inferiores correspondientes a la planicie poligenética marino-fluvial del Río de la Plata, la que adquiere una cierta dimensión desde la ciudad de Buenos Aires hacia el sur, y en los antiguos canales de marea hacia el norte del área en la costa del río Paraná, se presentan diversos tipos de suelos relacionados con una evolución geomorfológica compleja. En los cordones de conchillas se han desarrollado suelos Molisoles de perfil simple de tipo A-AC clasificados como **Rendoles**, y cuya génesis está influenciada por la abundancia de carbonato de calcio de las conchillas.

En estos ambientes se han depositado asimismo materiales arcillosos de origen marino y de composición esmectítica. Como consecuencia los suelos allí desarrollados tienen características particulares integrando desde el punto de vista taxonómico el Orden de los **Vertisoles**. En el área aquí considerada, y debido al hecho de ocupar las cotas más bajas del paisaje, estos Vertisoles están afectados además por la sobresaturación hídrica, tanto de origen subsuperficial como superficial. En estos ambientes de llanura costera los suelos suelen presentar además de excesos de agua también características halomórficas, lo que contribuye a la generación de un mosaico complejo de suelos. Desde el punto de vista taxonómico, muchos de estos suelos corresponden a los **Natracuertes**, principalmente en la llanura de fango de la costa del Río de La Plata, mencionándose **Hapludertes** en los depósitos de planicie de marea y estuáricos al norte de la ciudad de Buenos Aires



### **III- AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DEL MATERIAL PARENTAL Y LA GENESIS DE SUELOS EN EL SURESTE DE LA PAMPA ONDULADA ALTA**

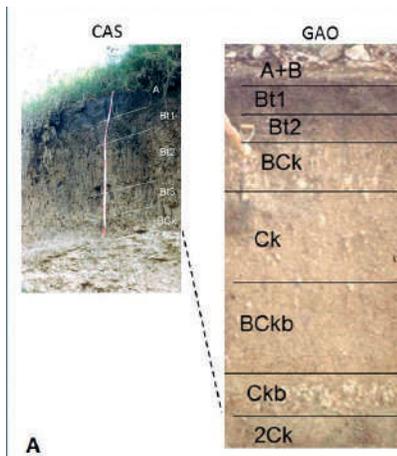
Un tema de particular interés lo constituye el establecer el origen y causas de la diferenciación entre Argiudoles típicos y Argiudoles vérticos en la Pampa Ondulada. De acuerdo al concepto tradicional, estos dos tipos de suelos localizados en posiciones positivas del relieve se habrían desarrollado bajo las mismas condiciones climáticas, en los sedimentos pampeanos de la Fm Buenos Aires constituida por sedimentos loésicos provenientes de las fuentes situadas al oeste y suroeste de la región. Dado su proveniencia común, y más allá de la selección granulométrica como resultado del transporte eólico, la composición mineralógica de estos sedimentos superficiales sería homogénea en sus fracciones gruesas y muy en particular en su fracción arcilla (Teruggi, 1957; González Bonorino, 1965; 1966; Iñíguez y Scoppa, 1970; Scoppa, 1974; 1976; Imbellone y Teruggi, 1993; Camilión, 1993). Esta concepción tradicional respecto al material parental de estos suelos ha sido denominada el “paradigma de unicidad de origen y homogeneidad de composición” (Morrás; 2003; 2004).

En este marco interpretativo, Iñíguez y Scoppa (1970) y Scoppa (1974) verificaron sin embargo una variación mineralógica en la arcilla de los suelos, con un aumento progresivo de esmectita hacia el río Paraná. Como los autores asumieron un origen común y una composición homogénea del material parental, consideraron que esos cambios mineralógicos solo podrían explicarse por procesos de meteorización, y que el mayor contenido de esmectita hacia el este, en los suelos vérticos de las series Ramallo y Urquiza, sería el resultado de una neoformación más intensa de ésta especie favorecida por el tamaño de grano más fino de su material parental. Sin embargo, esta interpretación no es satisfactoria en particular para explicar la yuxtaposición de Argiudoles típicos y vérticos y la ocurrencia de estos últimos en las posiciones elevadas del paisaje, ni tampoco sus relaciones con los Vertisoles y suelos vérticos de la Pampa Ondulada Baja y de la Mesopotamia argentina

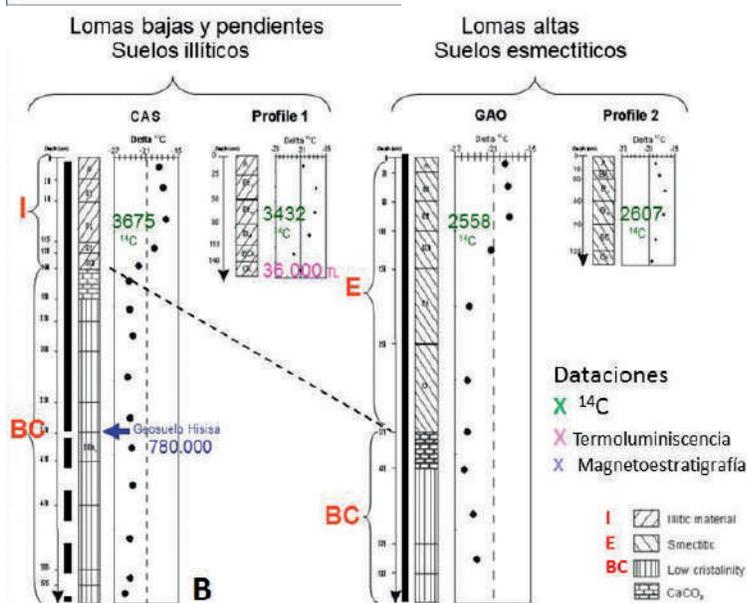
#### **III-1. Materiales parentales del suelo en la zona de Castelar, sureste de la Pampa Ondulada Alta**

Durante los últimos años se han realizado diversos estudios sobre los sedimentos y suelos en el predio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) así como en sus alrededores, en el Área Metropolitana de Buenos Aires. El mapa de suelos a escala de semi-detalle del CNIA-INTA muestra la presencia de Argiudoles vérticos en las posiciones más altas de relieve y Argiudoles típicos en los segmentos más bajos de las pendientes y en las porciones suavemente onduladas a casi niveladas del paisaje en altitudes intermedias (Gómez 1993).

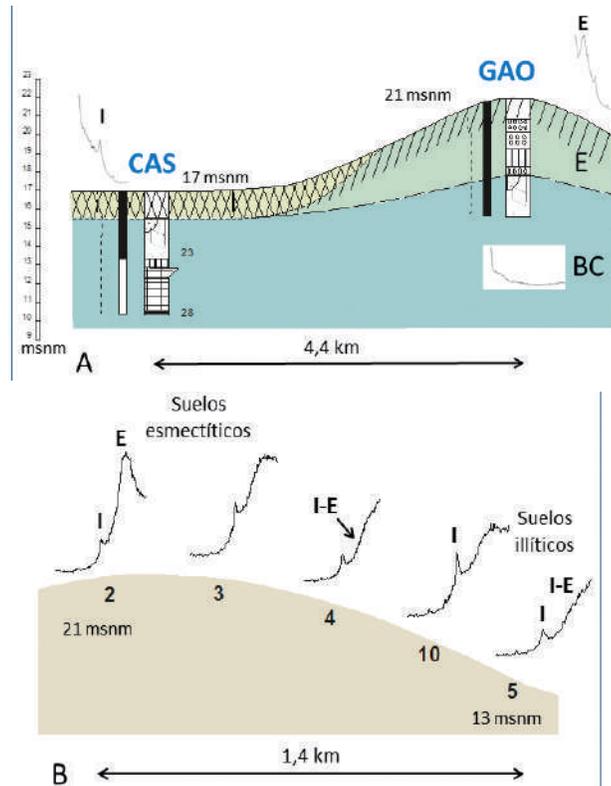
Un ejemplo de los trabajos realizados es el estudio de dos perfiles de suelo-sedimento denominados GAO y CAS (Nabel *et al.* 1999; 2005). El perfil GAO fue descrito en la posición topográfica más alta del área a 22 m s.n.m., en una excavación de 6 m de profundidad. En la superficie del perfil se describió un Argiudol vértico, desarrollado en un sedimento limo-arcilloso, masivo, seguido en su nivel inferior por un sedimento ligeramente edafizado y con una alta concentración de grandes nódulos calcáreos. Inmediatamente en contacto neto aparece una calcreta laminar a 3,80 m de profundidad, a la que sigue un sedimento poco estructurado y de textura más gruesa que el superficial. El perfil CAS se describió en una pequeña cantera, en una posición de media pendiente a 17 m s.n.m.. En superficie se presenta un Argiudol típico; en este perfil aparecen dos niveles de calcreta: una aparece a 1,50 m de profundidad, con unos 50 cm de espesor, laminar y discontinua, y ha sido correlacionada con la calcreta en el perfil GAO; el segundo aparece a 4.10 m de profundidad, y encima de este se observa un paleosuelo truncado (*figura 7.A*).



**Figura 7.A:** Perfil CAS, Argiudol típico. B: Perfil GAO, Argiudol vértico. La línea de trazos correlaciona tentativamente los calcretes laminares presentes en ambos perfiles. **B:** Esquema morfológico y analítico de perfiles de suelo representativos. CAS y Perfil 1 son Argiudoles típicos, en tanto GAO y Perfil 2 son Argiudoles vérticos. Los números en color representan edades obtenidas con distintos métodos. Los puntos negros corresponden a los valores de  $\delta^{13}C$ . Las letras en color rojo indican la mineralogía de arcillas en distintos niveles de las secuencias pedosedimentarias.



Sobre la base de análisis granulométrico, mineralogía de arcillas, limos y arenas, susceptibilidad magnética y relación Ti/Zr total, se han reconocido tres unidades sedimentarias diferentes en los perfiles estudiados, que se han denominado I, E y BC en función de la arcilla predominante. En el perfil CAS, la parte superior (denominada Unidad I) se caracteriza por un alto contenido de arcilla illítica y una reducida proporción de arena, mientras que la unidad inferior se caracteriza por una arcilla 2:1 de baja cristalinidad (BC) y un alto contenido de arena rica en feldespato. En GAO la unidad superior se caracteriza por un alto contenido de arcilla esmectítica (E) y un bajo contenido de arena fina cuarzosa, mientras que la parte inferior del perfil es similar a la Unidad BC en el perfil CAS (*figuras 7.B y 8.A*). Otros estudios sobre los suelos actuales en la porción superficial de ambos perfiles, han establecido diferencias de composición geoquímica (Morrás *et al.*, 1998), un mayor contenido de vidrio volcánico y una mayor proporción de feldespatos en relación con el cuarzo



**Figura 8.A:** Esquema mostrando las relaciones de las tres unidades sedimentarias identificadas, así como las posiciones relativas de los perfiles CAS y GAO en el paisaje. Las barras verticales negras y blancas representan las zonas de polaridad magnética. Los diagramas de DRX representan la mineralogía de arcillas de cada unidad sedimentaria. **B:** difractogramas de RX de la fracción arcilla del horizonte C en cinco sitios a lo largo de una transecta topográfica, desde la parte superior del relieve donde domina la esmectita (E), hasta el pie de pendiente donde la illita (I) es predominante. A lo largo de la pendiente, la composición es más heterogénea, con proporciones variadas de esmectita, illita y minerales interestratificados (I-E) (modificado de Morrás y Moretti, 2016).

en el perfil CAS que en el perfil GAO, en tanto la susceptibilidad magnética en el suelo presente en CAS es tres veces mayor que en el suelo en el perfil GAO (Liu *et al.*, 2010).

Además de los estudios analíticos detallados de los perfiles CAS y GAO, se han realizado análisis mineralógicos de suelos en numerosos sitios del predio del INTA. Los resultados han mostrado una clara relación entre la composición de la arcilla del suelo y las unidades cartográficas y taxonómicas y su posición en el paisaje. Así, en la posición cuspidal de los interfluvios donde dominan los Argiudoles vérticos, los horizontes C muestran una alta proporción de esmectitas, junto con una menor proporción de illita y trazas de caolinita. (*figura 8.B*). En los Argiudoles típicos que se encuentran en los segmentos inferiores de las pendientes y en los interfluvios a altitudes intermedias, la arcilla en el horizonte C está compuesta por minerales interestratificados irregulares illita-esmectita, una proporción similar de illita y trazas de caolinita (*figura 8.B*). En otras posiciones del paisaje, así como en los márgenes de pequeños arroyos que atraviesan el área, la composición de la arcilla es generalmente intermedia entre los tipos esmectítico e illítico (Morrás *et al.* 2002).

De igual forma, la susceptibilidad magnética (SM) del suelo medida en un número considerable de sitios en el predio del INTA junto a un tratamiento geoestadístico de los datos ha mostrado una estrecha relación espacial entre la posición de los suelos en el paisaje y sus valores magnéticos. Así, se ha observado que los suelos esmectíticos situados en las posiciones topográficas más altas, presentan los valores de SM más bajos. En cambio, en los Argiudoles típicos que se encuentran en áreas planas a alturas intermedias, los valores de SM son más altos que en suelos vérticos. En otras posiciones del paisaje, en pendientes o en las inmediaciones de arroyos, los valores de SM así como su tendencia con la profundidad son variables (Morrás *et al.* 2004a; 2004b; 2022).

Además de los estudios composicionales, se han realizado un gran número de análisis de propiedades físicas y químicas de suelos representativos de diferentes unidades taxonómicas y cartográficas. Estos estudios han demostrado que la CIC, el COLE, el índice de plasticidad y el número de actividad de los horizontes B y C de los Argiudoles vérticos son claramente más altos que en los de Argiudoles típicos, mientras que una serie de otras propiedades, como la retención de agua, el movimiento del agua, la porosidad y la estabilidad estructural, también muestran valores diferentes según la composición mineralógica y la posición de los suelos en el paisaje (Castiglioni *et al.* 2005; 2006; 2007).

### **III-2. Génesis de suelos y evolución del paisaje en el sureste de la Pampa Ondulada Alta**

Numerosas evidencias indican que las diferencias mineralógicas entre los Argiudoles típicos y los Argiudoles vérticos en el sector estudiado de la Pampa Ondulada no se deben a procesos pedológicos como se interpretaba anteriormente. Por el contrario, los resultados obtenidos muestran la existencia de dos sedimentos que yacen en la superficie, similares en su litología pero claramente diferentes en su mineralogía y en sus propiedades físicas y químicas.

En la *figura 8* se representa una reconstrucción simplificada de la relación vertical y lateral entre los tres sedimentos identificados en el área estudiada. Según los datos paleomagnéticos, la parte inferior de la unidad BC corresponde a la Zona de Polaridad Magnética Matuyama y se asigna a la Fm. Ensenada (Nabel *et al.* 2005). A su vez, la porción superior de la unidad BC, así como los sedimentos suprayacentes se encuentran en la Zona de Polaridad Magnética Brunhes (< 0,78 Ma) depositados

desde el Pleistoceno Medio y asignados a la Fm. Buenos Aires. La datación TL obtenida en el horizonte C de un Argiudol típico dio una edad de 36 ka BP, lo que indica que la unidad I fue depositada en el Pleistoceno Superior. Además, las dataciones de radiocarbono obtenidas de los horizontes Bt en dos perfiles de Argiudoles típicos proporcionaron una edad media de 3.554 años AP y en el Bt de dos Argiudoles vérticos una edad media de 2.583 a. AP (Grill y Morrás, 2010) (*figura 7.8*).

De acuerdo a la interpretación realizada (Morrás y Moretti, 2016), luego de la deposición de sedimentos esmectíticos de la unidad E, un cambio de clima a condiciones húmedas habría producido erosión y generación de un paisaje ondulado con incisión también de las calcretas en la parte superior de la unidad BC. Posteriormente, bajo un clima seco en el Pleistoceno Superior, un manto de loess de fuentes del oeste se habría extendido sobre todas las formas del relieve, dando lugar a la Unidad I. Finalmente, en un nuevo período húmedo en el Holoceno, las crestas y parte superior de las pendientes se habrían erosionado generando la exposición de la unidad E. Las edades obtenidas para los horizontes Bt en los dos grupos de suelos parecerían apoyar esta interpretación, es decir, los Argiudoles típicos serían los primeros en iniciar su desarrollo sobre los sedimentos illíticos que cubren el paisaje, mientras que los Argiudoles vérticos se habrían desarrollado más tarde, después que el sedimento esmectítico fuera exhumado por la erosión. Según los análisis de isótopos de carbono, los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en los suelos actuales (*figura 7.B*) corresponden a una mezcla de plantas C3 y C4, lo que indica que todos los Argiudoles se desarrollaron bajo una alternancia de períodos húmedos y secos (Morrás *et al.* 2007).



## IV- LOS VERTISOLES “OCULTOS” DE LA PAMPA ONDULADA ALTA

La Pampa Ondulada Baja se caracteriza por un paisaje de lomas muy planas, con una red de drenaje poco definida, y con una proporción significativa en algunos sectores de depresiones cerradas y pequeñas lagunas. Hacia el este de la subregión aparecen Hapludertes, mientras que en el sector sur dominan los Natracuertes (Hurtado *et al.* 2005; Imbellone *et al.* 2010). Al igual que los de la región mesopotámica, estos Vertisoles también presentan horizontes iluviales Btss (Imbellone y Giménez, 1990) aunque las estructuras diapíricas y el microrrelieve “gilgai” son menos evidentes que en los Vertisoles mesopotámicos (Scoppa, 1976).

Hacia el norte, en la planicie loésica de la Pampa Ondulada Alta, las ondulaciones del terreno son claramente marcadas, relacionadas con una red hidrográfica dendrítica construida por varios afluentes de los ríos Paraná y de la Plata. En la subzona geomórfica I-a vecina a los ríos Paraná y de la Plata, el contenido de arcilla del horizonte Bt de los suelos es alto, en esta fracción existe una proporción sustancial de componentes expandibles y muchos tienen rasgos vérticos (Iñiguez y Scoppa, 1970; Morrás y Moretti, 2016). Sin embargo, en la cartografía de este sector no aparecen Vertisoles. Estos suelos se clasifican como intergradados, generalmente con Molisoles (principalmente Argiudoles vérticos) pero también con Alfisoles (por ejemplo, Albaqualfes y Natracualfes vérticos).

Tal como fue mencionado más arriba (sección III), los estudios llevados a cabo en el AMBA han dado lugar a un nuevo enfoque sedimentológico y geopedológico que explica el desarrollo y distribución espacial de los Argiudoles vérticos y típicos en este sector pampeano. Sin embargo, trabajos más recientes en excavaciones de gran tamaño han aportado nuevas e interesantes evidencias que indican una mayor complejidad de los procesos pedogenéticos, lo que lleva a refinar el modelo interpretativo con importantes implicaciones para el levantamiento y cartografía de estos suelos.

### IV-1. Un caso de estudio en el predio del CNIA-INTA

En la cumbre de una loma convexa, donde anteriormente se estudió en detalle un suelo clasificado como Argiudol vértico, se realizó una nueva excavación. A diferencia del perfil previamente estudiado, la mayor dimensión de la excavación permitió por un lado observar la existencia de un sedimento subyacente diferenciado del más superficial por su color y textura, y por otro lado permitió verificar marcadas ondulaciones de los horizontes y la existencia de sectores con morfologías tipo “cuenco” y “chimenea”, propias de los Vertisoles. En los sectores de “chimenea” la proyección hacia la superficie del sedimento más profundo es evidente por las diferencias de color y por la ondulación de la capa de mayor concentración de nódulos de  $\text{CaCO}_3$  (*figuras 9.A y 9.B*). No se han observado estructuras tipo gilgai en la superficie a pesar de las ondulaciones de los horizontes.



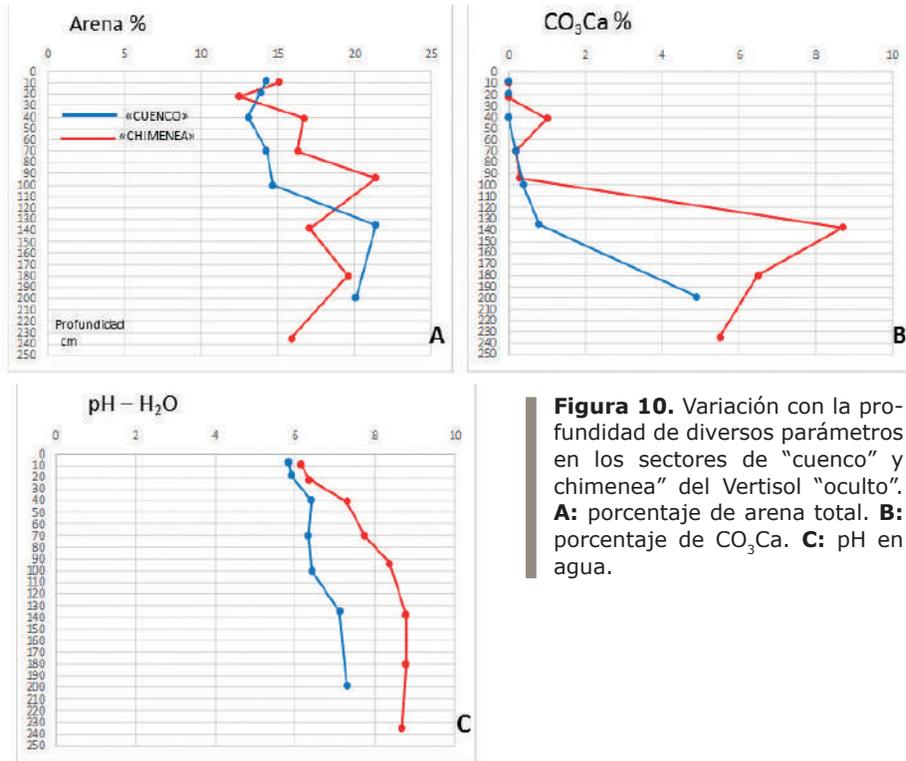
**Figura 9.A:** foto del perfil con la morfología de “cuenco” y “chimenea”. **B** Reconstrucción de los tres niveles más contrastantes: un nivel superior constituido por el solum (A+B), un nivel intermedio constituido por la parte superior del horizonte C con alta concentración de carbonato de calcio, y un nivel más profundo con una menor proporción de carbonato y color ligeramente verdoso de la matriz sedimentaria.

En primer lugar, el análisis granulométrico revela las diferencias entre el solum y los niveles sedimentarios observables en la base del perfil. En este sentido, el sedimento loessico superficial donde se ha desarrollado el solum tiene alrededor de un 15% de arena, mientras que el sedimento subsuperficial contiene alrededor de un 20% de arena. Lateralmente, y coincidiendo con las diferencias en la secuencia de horizontes entre los sectores “cuenco” y “chimenea”, el mayor contenido de arena aparece en el primero a 120 cm de profundidad, mientras que en el segundo el mayor contenido de arena aparece más cerca de la superficie, desde 80 cm de profundidad (*figura 10.A*).

El contenido de arcilla en el horizonte A ronda el 30%. Su aumento en el Bt se produce de forma similar entre el “cuenco” y la “chimenea”, con un máximo en torno al 48% a 70 cm de profundidad. Coincidiendo con la diferencia en la secuencia de horizontes entre los dos sectores del perfil, la disminución del contenido de arcilla es más abrupta en la “chimenea” y más progresiva en el “cuenco”. En los horizontes profundos BC y C el contenido de arcilla fluctúa alrededor del 35%

Otras variables analíticas que reflejan claramente las diferencias morfológicas entre los dos sectores del perfil son el contenido de  $\text{CaCO}_3$  en la tierra fina (<2 mm) y el  $\text{pH-H}_2\text{O}$ . Por un lado, y en coincidencia con la distribución observada de los nódulos calcáreos, el  $\text{CaCO}_3$  aparece en niveles más superficiales y en mayor concentración en el sector “chimenea” (*figura 10.B*). Por su parte, el pH oscila alrededor de 6-7 en toda la profundidad del suelo hasta unos 2 m de profundidad en el “cuenco”, mientras que en la “chimenea” el pH alcanza valores cercanos a 8 a 70 cm de profundidad, y a partir de ahí hasta la base del perfil oscila alrededor de 8,5 (*figura 10.C*).

En cuanto al COLE, se verifica que en el epipedón hasta cerca de 25 cm de profundidad el valor oscila alrededor de 0,06, es decir, en el límite superior de expansibilidad moderada. A partir de ahí, se produce un aumento abrupto con

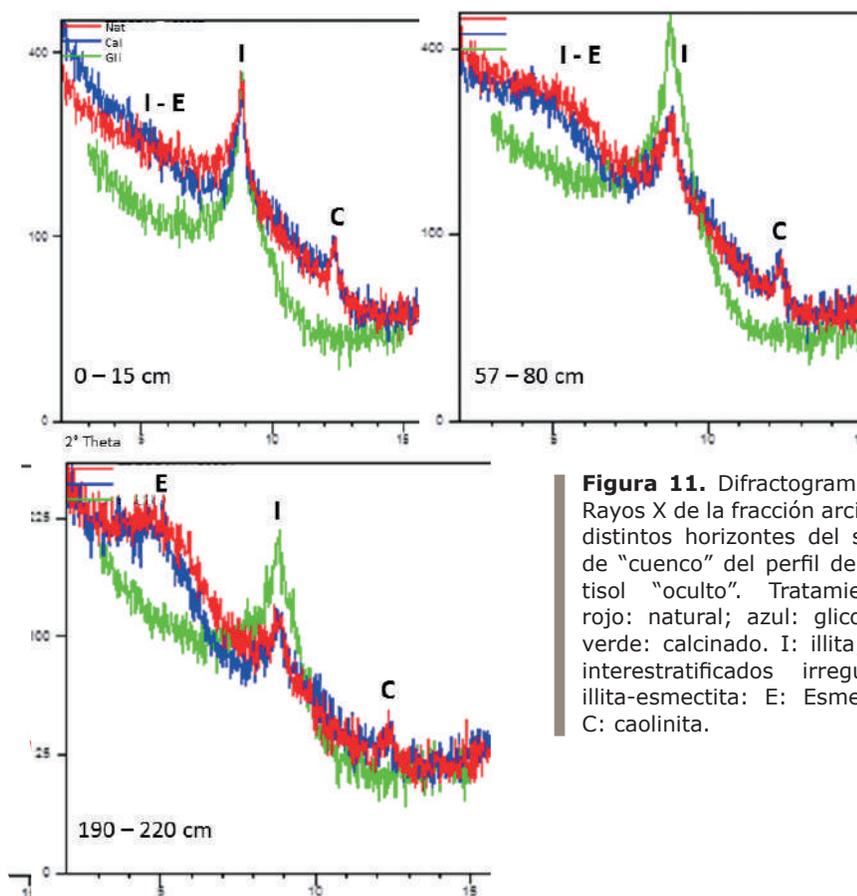


**Figura 10.** Variación con la profundidad de diversos parámetros en los sectores de “cuenco” y chimenea” del Vertisol “oculto”. **A:** porcentaje de arena total. **B:** porcentaje de CO<sub>3</sub>Ca. **C:** pH en agua.

valores superiores a 0,09 que sitúan a las muestras en la categoría de muy alta expansibilidad, alcanzando un máximo de 0,19 en el horizonte Bt, entre 60-80 cm de profundidad. En consecuencia, la extensibilidad lineal del suelo tanto en “cuenco” como en “chimenea” excede fácilmente el límite de 6 cm utilizado como diagnóstico por la Taxonomía de Suelos para definir subgrupos vérticos en diferentes Órdenes.

El análisis de la susceptibilidad magnética muestra importantes oscilaciones con la profundidad así como algunas diferencias entre los sectores “cuenco” y “chimenea”. En la parte superior del suelo, los valores máximos se manifiestan a 180 cm de profundidad en el “cuenco” y a 130 cm de profundidad en la “chimenea”. Por debajo de estas profundidades, la SM disminuye progresivamente hacia la base del perfil. Por otro lado, los valores son mucho más bajos en el sector “chimenea” que en el “cuenco” lo que se relacionaría con el mayor contenido de calcáreo en el primero. En el nivel más profundo, la baja intensidad de la señal SM estaría reflejando una diferencia composicional del sedimento respecto al loess superficial, y posiblemente también procesos secundarios de reducción de los minerales de hierro.

El análisis mineralógico de la fracción arcilla por DRX muestra variaciones composicionales con la profundidad que permiten diferenciar tres niveles. En el epipedón, hasta unos 25 cm de profundidad, la fracción está constituida mayoritariamente por illita, junto con proporciones menores de interstratificados illita-esmectita y de caolinita (*figura 11:* 0-15 cm). En un segundo nivel correspondiente al horizonte Bt aumenta la proporción de interstratificados irregulares I-S, lo que se evidencia por



**Figura 11.** Difractogramas de Rayos X de la fracción arcilla de distintos horizontes del sector de "cuenco" del perfil del Vertisol "oculto". Tratamientos: rojo: natural; azul: glicolado; verde: calcinado. I: illita; I-E: interestratificados irregulares illita-esmectita; E: Esmectita; C: caolinita.

un hombro de reflexiones en los pequeños ángulos, por la expansión moderada en el ensayo con glicol y por el colapso a 10 Å al calentar (*figura 11*; 57-80 cm). Finalmente, en el tramo inferior hasta la base del perfil, dominan los minerales expansibles, en este caso con la esmectita expresada por un desarrollo más definido de las reflexiones hacia 15 Å, junto con los interestratificados I-S. Paralelamente, la illita y la caolinita disminuyen en proporción (*figura 11*; 190-220 cm).

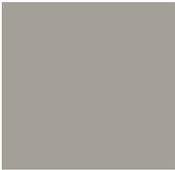
## IV-2. Síntesis

Hasta el presente, los suelos ubicados en las lomas del sector oriental de la Pampa Ondulada Alta se han clasificado y mapeado como Argiudoles vérticos. Sin embargo, excavaciones de gran tamaño revelan horizontes con límites ondulados y estructuras diápricas propias de los Vertisoles. En el suelo estudiado aquí, diversos parámetros químicos, físicos y mineralógicos confirman la existencia de niveles sedimentarios contrastantes, con un material subyacente rico en esmectitas.

Estos resultados sugieren que en este sector de la Pampa Ondulada, los sedimentos loésicos depositados más recientemente habrían producido el enterramiento de

Vertisoles preexistentes desarrollados en sedimentos esmectíticos, característicos de la cuenca paranaense (Durán *et al.*, 2011; Morrás y Moretti, 2016). Se puede suponer que, al igual que en la Pampa Mesopotámica, estos Vertisoles habrían sido los suelos dominantes en diferentes posiciones del paisaje durante un período prolongado en el Pleistoceno. Más tarde, durante la Última Glaciación, el paisaje del suelo fue cubierto por un loess illítico relativamente espeso, originado en la cordillera de los Andes y las sierras pampeanas. Finalmente, a lo largo de los períodos húmedos del Holoceno, procesos erosivos habrían adelgazado la cubierta loessica en las posiciones altas y convexas de las lomas y los sedimentos esmectíticos subyacentes se habrían acercado a la superficie actual. En consecuencia, los suelos actuales desarrollaron propiedades vérticas debido a la mezcla de materiales por procesos físicos y biológicos, y en relación con la mayor o menor proximidad con la paleosuperficie. A diferencia de lo ocurrido en la Pampa Mesopotámica y de la Pampa Ondulada Baja, debido al mayor espesor del sedimento loessico más reciente, estos Vertisoles de la Pampa Ondulada Alta quedaron como paleosuelos enterrados. Como resultado, hoy se encuentra en la parte superior del relieve una yuxtaposición de Argiudoles vérticos con diferentes características y profundidades del solum. Sus propiedades, que corresponderían a las de suelos poligénicos, serían dependientes del sector (“cuenco” o “chimenea”) del Vertisol “oculto” en el que se hayan desarrollado (Morrás *et al.*, 2022).

Como se mostró más arriba (sección II) los trabajos de relevamiento han permitido identificar varias series de Argiudoles vérticos en la sector oriental de la Pampa Ondulada. Sin embargo, hasta el momento no existe interpretación sobre su diferenciación ni su variabilidad intrínseca. Los avances aquí mencionados en la comprensión de la evolución del paisaje y la génesis de los suelos de la Pampa Ondulada, parecerían ser también de gran utilidad para mejorar la clasificación, la cartografía y la evaluación de estos suelos vérticos.



## V- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PERFILES DE SUELO EN EL CNIA-INTA

### V-1. El Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del INTA

El Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del INTA (CNIA - INTA) se encuentra localizado en el partido de Hurlingham, Provincia de Buenos Aires (34° 36' S, 58° 40' O), a menos de 15 km de la Ciudad de Buenos Aires y presenta, junto a la EEA AMBA, una superficie de 605 ha (*figura 12*). El CNIA reúne a los Institutos encargados de la realización de las investigaciones destinadas a dar una base y una metodología adecuada a los trabajos de aplicación (INTA, 1959).

El predio del CNIA otrora fue parte de la Cabaña Tuyú, un establecimiento productivo modelo dedicado fundamentalmente a la cría de vacunos. Otras actividades de la cabaña fueron la lechería (llegó a contar con tres grandes tambos), la cría de vacunos Hereford y la producción avícola. Se trató de un establecimiento que adoptó los últimos adelantos de la época y que llegó a disponer de talleres propios de carpintería, herrería y mecánica, así también de aviones, hangares y mecánicos especializados para el mantenimiento de los mismos. El establecimiento fue vendido a comienzos de la década del '40 al Instituto Movilizador Argentino, para ser transferido luego al Ministerio de Agricultura (Cappagli, 2016).

“En 1944, el Ministerio de Agricultura dio un gran paso en el sentido de hacer realidad el viejo anhelo de disponer de un centro de investigaciones, al adquirir en el Partido de Morón, provincia de Buenos Aires (...), una extensión de campo de más de 900 ha para asiento de sus núcleos de investigadores (...). En 1945, los institutos de investigación se agruparon según su especialidad, respectivamente, en la Dirección General de Investigaciones Agrícolas y la Dirección General de Investigaciones Ganaderas. La organización adquirió luego formas más definidas con la ley de Investigaciones Agropecuarias, donde ya, categóricamente, se habla del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, como sede de los Institutos, lo que se confirma al crearse el INTA en virtud del decreto-ley N°21.680 del 4 de diciembre de 1956 y su posterior reglamentación por decreto el 6 de mayo de 1957”

Desde su creación hasta la actualidad la superficie del predio del CNIA se ha reducido considerablemente producto de la presión de uso que presenta la urbanización en constante crecimiento. Como puede verse en fotografías aéreas de 1965, para entonces aún existían en la zona circundante numerosos descampados y lotes baldíos, que con el correr de los años fueron urbanizados prácticamente en su totalidad.

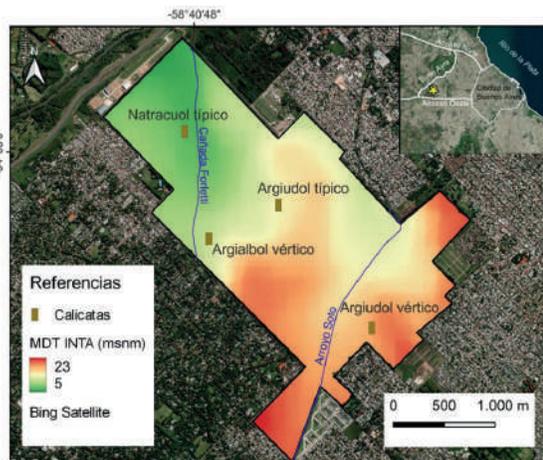
### V-2. Geomorfología y suelos

El área donde se encuentra enclavado el CNIA-INTA forma parte de la subregión de la Pampa Ondulada Alta. Si bien los materiales superficiales que la conforman son los

sedimentos loésicos Pampeanos y Pospampeanos de origen fundamentalmente eólico, la planicie presenta un paisaje que es producto de la acción fluvial, lo que ha generado valles y cañadas, en general subparalelos, de orientación dominante SO-NE, que le dan su singular relieve ondulado. Específicamente el predio del CNIA-INTA presenta una serie de lomas en el marco de dos vías de drenaje principales, las del Arroyo Soto y la Cañada Forletti, con sus pequeños valles asociados. Los sectores más altos se localizan en el sector sur y este, donde se encuentran la EEA-AMBA y los Institutos de Genética e Ingeniería Rural, registrando una altura máxima de 23 m s.n.m.. Las partes bajas se localizan en el sector norte del predio sobre las terrazas del Río Reconquista, registrando una altura mínima de 5,6 m s.n.m., área donde se encuentra el Instituto de Alimentos, un tambo y potreros con animales. Esta diferencia de altura 17,5 m s.n.m. entre ambos sectores opuestos del predio se da en una distancia aproximada de 4 km (*figura 12*).

En esta planicie ondulada se encuentran dos tipos de suelos dominantes correspondientes al orden Molisol: los Argiudoles típicos y los Argiudoles vérticos. Ambos subgrupos presentan horizontes subsuperficiales fuertemente arcillosos, siendo el factor fundamental que los diferencia la proporción y la composición de su fracción arcilla. Ambos suelos presentan en la parte inferior acumulaciones de carbonato de calcio (tosca), en los “vérticos” comúnmente en forma de nódulos o “muñecas” y en los “típicos” como capas densas de estructura laminar. En general, los suelos “vérticos” dominan en las posiciones más elevadas del paisaje, y los “típicos” en las suaves pendientes hacia los arroyos. Además de los Argiudoles, otros tipos de suelos intrazonales se encuentran en las microdepresiones, en la parte baja de las pendientes y en las planicies aluviales del borde de los cursos de agua. En estos casos, los excesos de agua acumulados en la superficie y/o derivados de una capa freática cercana a la superficie ejercen en los suelos una influencia adicional o incluso preponderante en su desarrollo y propiedades. De este modo, se observan Argiudoles ácuicos en sectores más planos y algo deprimidos y Natra cuoles típicos en los sectores adyacentes a las vías de drenaje (Gómez, 1993) (*figura 12*).

**Figura 12.** Mapa del predio del INTA (CNIA y EEA-AMBA) (partido de Hurlingham, prov. de Buenos Aires), representando la topografía (MDT) y la localización de los perfiles seleccionados.

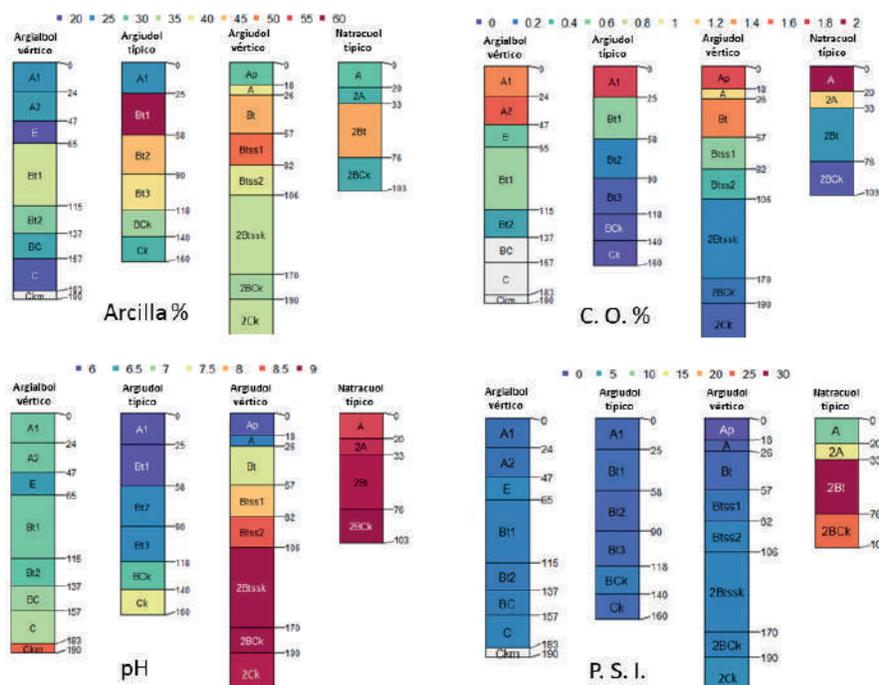


### V-3. Perfiles de suelos característicos del CNIA-INTA

En el marco de la Jornada Edafológica del XXVIII Congreso de la Ciencia del Suelo organizado por la AACS, se verán cuatro perfiles de suelos distintos y representativos de los diversos ambientes que caracterizan este sector de la Pampa Ondulada. Los cuatro suelos

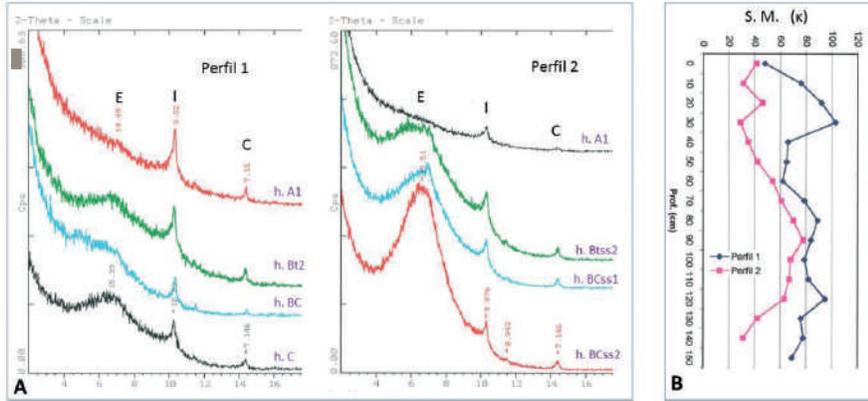
corresponden al orden Molisol, siendo ellos: un Argiudol típico, un Argiudol vértico, un Argialbol vértico y un Natracuol típico. Los datos morfológicos y analíticos de rutina de los cuatro suelos se incluyen a continuación. En la **figura 13** se presentan de manera gráfica comparativa la secuencia de horizontes y algunos datos analíticos que reflejan las principales diferencias entre horizontes y entre suelos (porcentaje de arcilla, porcentaje de carbono orgánico, pH y porcentaje de sodio de intercambio). Estos datos corresponden a perfiles estudiados con anterioridad y no necesariamente coinciden exactamente con los perfiles observables en las calicatas que se abrirán para la Jornada.

Por otro lado, en la **figura 14** también se incluyen los datos analíticos mineralógicos, físicos y micromorfológicos de dos perfiles representativos de los suelos dominantes del predio y que fueron estudiados con mayor detalle a través de diversos trabajos. El Perfil 1 corresponde a un Argiudol típico y el Perfil 2 a un Argiudol vértico. Los análisis mineralógicos de la fracción arcilla (**figura 14.A**) ponen en evidencia la mayor proporción de arcillas expandibles en los horizontes Bt, BC y C del Argiudol vértico en tanto los datos de la susceptibilidad magnética en masa (**figura 14.B**) muestran una mayor susceptibilidad en el Argiudol típico. En coincidencia con la mineralogía de arcillas, los análisis físicos aquí mostrados (**figura 15**) evidencian un mayor índice de plasticidad, un mayor número de actividad y un mayor coeficiente higroscópico en los horizontes Bt, BC y C del Argiudol vértico. Finalmente, la micromorfología de suelos evidencia la presencia de abundantes rasgos de iluviación (revestimientos de arcilla) en el horizonte Bt del Argiudol típico entre 60 y 90 cm de profundidad (**figura 16.A**),

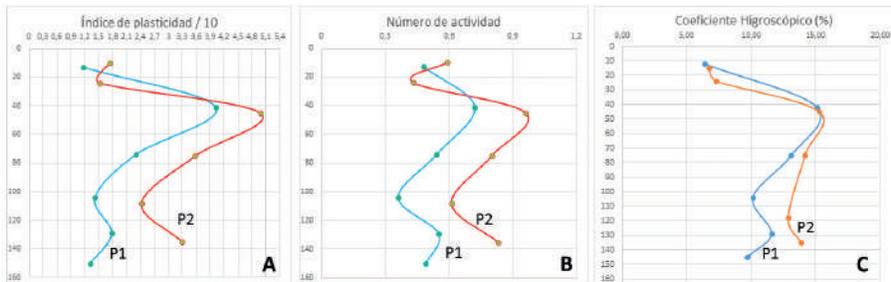


**Figura 13.** Representación gráfica de la secuencia de horizontes de los perfiles seleccionados y los valores cuantitativos de diversos parámetros significativos.

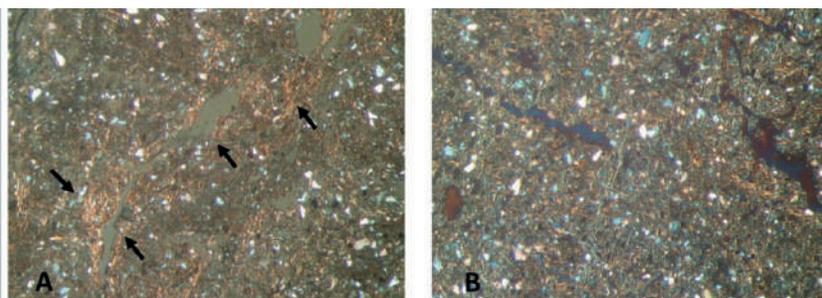
los que no se observan en el Argiudol vértico a esa misma profundidad (*figura 16.B*). Por el contrario, en este caso la expansión-contracción del material se expresa por una fábrica plásmica de tipo poro- y grano estriada y estriada entrecruzada.



**Figura 14.A:** Diagramas de Rayos X de la arcilla de horizontes seleccionados del Perfil 1 (Argiudol típico) y del Perfil 2 (Argiudol vértico). Muestras naturales. E: esmectita; I: illita; C: caolinita. **B:** Susceptibilidad magnética en masa ( $\kappa$ ) en muestras cada 10 cm de profundidad de los perfiles 1 y 2.



**Figura 15.A:** Índice de plasticidad / 10 de horizontes del Perfil 1 (Argiudol típico) y del Perfil 2 (Argiudol vértico). **B:** número de actividad (índice de plasticidad / % de arcilla). **C:** Coeficiente higroscópico (%).



**Figura 16.** Micrografías de los horizontes Bt de los perfiles 1 y 2 entre 60 y 90 cm de profundidad. Microscopía óptica de polarización, XPL, objetivo 5x. **A:** abundantes revestimientos de arcilla orientada en el horizonte Bt del P1 (Argiudol típico) (flechas). **B:** fábrica plásmica poro-y grano-estriada en el horizonte Bt del perfil 2 (Argiudol vértico); en esta muestra los revestimientos son muy escasos.

## Clasificación taxonómica: Argiudol típico

### Ubicación del perfil:

Latitud S: 34° 36' 17"

Longitud W: 58° 40' 11"

Altitud 15 m s.n.m.

**Posición en el paisaje:** Media loma, pendientes medias.

**Uso y vegetación:** Agrícola

**Limitaciones de uso:** Pendiente, peligro de erosión hídrica.

**Descripción del perfil:** P1

**Reconocedores:** Mario Castiglioni, Héctor Morrás

**A1** 0-25 cm; color en húmedo 7.5YR 2/2-10YR 2/2; franco; estructura en bloques subangulares, muy gruesos, débiles a moderados (en el primer centímetro superior los agregados mayores rompen fácilmente en bloques subangulares finos y granular); consistencia firme; poros finos y medios, tubulares, comunes; límite abrupto, ligeramente ondulado.

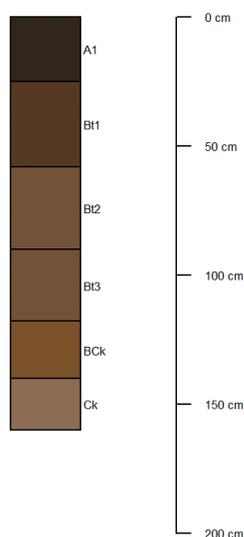
**Bt1** 25-58 cm; color en húmedo 7.5YR 3/4; arcilloso; estructura en prismas gruesos, moderados, que rompen en bloques angulares gruesos, fuertes; revestimientos de arcilla y de arcilla y humus, comunes; límite claro, ligeramente ondulado.

**Bt2** 58-90 cm; color en húmedo 7.5YR 4/4; arcillo limoso; estructura en bloques angulares, moderada, que se organiza en prismas medios, débiles; límite gradual.

**Bt3** 90-118 cm; color en húmedo 7.5YR 4/4-4/6; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares, débiles; límite claro.

**Bck** 118-140 cm; color en húmedo 7.5YR 4/6; franco limoso; estructura en bloques subangulares, medios, moderada; nódulos de carbonato de calcio, finos, escasos.

**Ck** 140-160 cm; color en húmedo 7.5YR 4/6-5/4; franco; estructura en bloques subangulares débiles; tubos verticales de calcáreo pulverulento, de 1 cm por 5 cm de largo, comunes.



**Figura 1:** Esquema del perfil descripto



**Figura 2:** Foto del perfil Argiudol típico (P1)

**Datos analíticos de laboratorio**

Horizontes	A1	Bt1	Bt2	Bt3	Bck	Ck
Profundidad (cm)	0-25	25-58	58-90	90-118	118-140	140-160
Mat. orgánica (%)	2,96	1,10	0,43	0,17	0,14	0,10
Carbono total (%)	1,72	0,64	0,25	0,10	0,08	0,06
Nitrógeno (%)	0,18	0,07	-	-	-	-
Relación C/N	9,6	9,1	-	-	-	-
Fósforo asimilable (ppm)	9,6	3,9	4,0	6,2	6,7	5,3
Arcilla <2 $\mu$ (%)	24,6	55,9	42,4	39,3	32,3	26,9
Limo 2-20 $\mu$ (%)	-	-	-	-	-	-
Limo 2-50 $\mu$ (%)	49,3	34,0	40,5	43,7	41,5	47,8
AMF 50-75 $\mu$ (%)	-	-	-	-	-	-
AMF 75-100 $\mu$ (%)	-	-	-	-	-	-
AMF 50-100 $\mu$ (%)	-	-	-	-	-	-
AF 100-250 $\mu$ (%)	-	-	-	-	-	-
AM 250-500 $\mu$ (%)	-	-	-	-	-	-
Arena total $\mu$ (%)	26,1	10,1	17,1	17,0	26,2	25,3
AMG 1-2 mm (%)	-	-	-	-	-	-
Calcáreo (%)	-	-	-	-	0,4	2,5
Eq.humedad (%)	25,9	41,0	32,9	30,0	31,0	29,8
Re. pasta Ohms	-	-	-	-	-	-
Cond. mmhos/cm	-	-	-	-	-	-
pH en pasta	-	-	-	-	-	-
pH H2O 1:2,5	6,1	6,1	6,4	6,4	6,7	7,4
pH KCL 1:2,5	5,4	5,9	5,3	5,4	5,7	6,5
<b>Cationes de cambio</b>						
Ca++ m.eq./100gr	12,6	28,0	18,1	18,5	-	-
Mg++ m.eq./100gr	1,5	3,4	3,0	2,8	2,8	2,5
Na+ m.eq./100gr	0,3	0,7	0,4	0,4	0,6	0,4
K+ m.eq./100gr	1,0	1,3	1,0	1,0	1,3	1,2
H+ m.eq./100gr	-	-	-	-	-	-
PSI (%)	1,5	1,7	1,3	1,5	2,6	1,6
Suma de Bases	15,4	33,4	22,5	22,7	-	-
CIC m.eq./100gr	20,5	42,0	29,6	27,1	23,4	25,3
Sat. con bases (%)	75	79	76	84	-	-

## Clasificación taxonómica: Argiudol vértico

### Ubicación del perfil:

Latitud S: 34° 36' 55"

Longitud W: 58° 39' 38"

Altitud 20 m s.n.m.

**Posición en el paisaje:** Loma, media loma.

**Uso y vegetación:** Agrícola

**Limitaciones de uso:** Pendiente, peligro de erosión hídrica.

**Descripción del perfil:** Genética cresta

**Reconocedores:** Darío Rodríguez, Emiliano Bressan, Héctor Morrás

**Ap** 0-18 cm; pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios moderados que rompe a granular; duro en seco; friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; raíces abundantes; límite claro, suave.

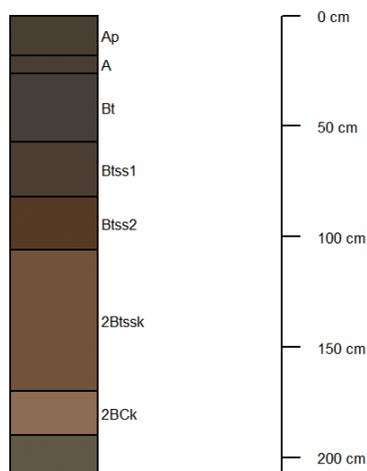
**A** 18-26 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques angulares medios moderados; duro en seco; friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; raíces abundantes; límite claro, suave.

**Bt** 26-57 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en seco; gris muy oscuro (10YR 3/1) en

húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas gruesos que rompen a bloques angulares medios fuertes; muy duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; barnices muy abundantes; se observan chorreaduras de materia orgánica; raíces comunes; límite claro, ondulado.

**Btss1** 57-82 cm; pardo a pardo oscuro (7.5YR 4/2) en seco; pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo; franco arcilloso; estructura en prismas gruesos que rompen a bloques angulares medios fuertes, algunos de ellos de morfología cuneiforme; muy duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; barnices muy abundantes; presencia de slickensides; raíces comunes; límite claro, ondulado.

**Btss2** 82-106 cm; pardo a pardo oscuro (7.5YR 4/2) en seco; pardo oscuro (7.5YR 3/4) en húmedo; franco arcilloso; estructura en prismas débiles que rompen a bloques angulares medios moderados, algunos de ellos de morfología cuneiforme; muy duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; débil reacción de los carbonatos libres en la masa en la base del horizonte; barnices muy abundantes; presencia de slickensides; raíces escasas; límite claro, ondulado.



**Figura 1:** Esquema del perfil descripto



**Figura 2:** Foto de un perfil Argiudol vértico, en la cercanía del edificio del Instituto de Genética.

**2Btssk** 106-170 cm; pardo (7.5YR 5/4) en seco; pardo a pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en prismas débiles que rompen a bloques angulares medios moderados, algunos de ellos de morfología cuneiforme; duro en seco; friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; presencia de concreciones calcáreas y de rizoconcreciones de 20 mm de

diámetro; barnices abundantes; presencia de slickensides; límite claro, ondulado.

**2BCk** 170-190 cm; pardo claro (7.5YR 6/4) en seco; pardo (7.5YR 5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares medios débiles; duro en seco; muy friable en húmedo; plástico y adhesivo en mojado; fuerte reacción de los carbonatos libres en la masa; concreciones calcáreas y muñequitas de 40 mm por 20 mm.

## Datos analíticos de laboratorio

Horizontes	Ap	A	Bt	Btss1	Btss2	2Btssk	2BCk
Profundidad (cm)	0-18	18-26	26-57	57-82	82-106	106-170	170-190
Mat. orgánica (%)	2,88	1,86	2,47	1,1	0,72	0,45	0,33
Carbono total (%)	1,67	1,08	1,43	0,64	0,42	0,26	0,19
Nitrógeno (%)	0,18	0,13	0,13	0,07	0,04	0,03	-
Relación C/N	9,3	8,3	11	9,1	10,5	8,7	-
Arcilla (%)	28,6	38,4	43,2	48,3	36,7	34,5,0	32,5
Limo (%)	56,4	49,5	39,5	34,8	41,2	40,1	41,2
AMF 50-75 $\mu$ (%)	7,4	7,2	7,1	6,7	7	6	7
AMF 75-100 $\mu$ (%)	4,3	3,1	6	5,6	8,3	5,5	5
AMF 50-100 $\mu$ (%)	11,7	10,3	13,1	12,3	15,3	11,5	12
AF 100-250 $\mu$ (%)	3	1,9	2,6	2,5	3,7	3,3	4,2
AM 250-500 $\mu$ (%)	0,3	0,2	0,5	0,6	0,9	1	1,9
AG 500-1000 $\mu$ (%)	0,1	0,1	0,5	0,7	1,5	1,3	1,5
AMG 1-2 mm (%)	0	0	0,2	0	0	0	0
Calcáreo (%)	-	-	-	-	-	-	-
Eq.humedad (%)	-	-	-	-	-	-	-
Re. pasta Ohms	-	-	-	-	-	-	-
Cond. mmhos/cm	-	-	-	-	-	-	-
pH en pasta	4,99	4,96	6,62	6,61	7,58	7,89	7,82
pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	6,13	6,35	7,29	7,74	8,37	8,77	8,77
pH KCL 1:2,5	4,9	4,68	6,13	6,05	7,24	7,47	7,51
Cationes de cambio							
Ca <sup>++</sup> m.eq./100gr	-	-	-	-	-	-	-
Mg <sup>++</sup> m.eq./100gr	-	-	-	-	-	-	-
Na <sup>+</sup> m.eq./100gr	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	0,8	0,8
K <sup>+</sup> m.eq./100gr	1,9	1,2	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4
H <sup>+</sup> m.eq./100gr	-	-	-	-	-	-	-
PSI (%)	0,3	1	1,5	2,2	3	3	3
Suma de Bases	-	-	-	-	-	-	-
CIC m.eq./100gr	24,1	31,2	33,6	37	30,3	26,9	26,6
Sat. con bases (%)	-	-	-	-	-	-	-

## Clasificación taxonómica: Argialbol vértico

### Ubicación del perfil:

Latitud S: 34° 36' 18,34"

Longitud W: 58° 40' 22,52"

Altitud 12 m s.n.m.; sector de Laboratorios, Instituto de Suelos.

**Posición en el paisaje:** Bajos, en las pendientes hacia la terraza del río Reconquista.

**Uso y vegetación:** Parque

**Limitaciones de uso:** Derivadas del drenaje imperfecto.

**Descripción del perfil:** C1

**Reconocedores:** Dámaso Maldonado y Gervasio Carboni

**A1** 0-24 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, pardo oscuro (10YR 3/3) en seco; franco limoso; granular y bloques subangulares, medios, moderados; duro, friable, no plástico, ligeramente adhesivo, raíces abundantes; límite abrupto y suave.

**Observaciones:** Este horizonte presenta artefactos (material de relleno).

**A2** 24-47 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo, pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en seco; franco limoso, granular grueso a medio, moderado; duro, friable, no plástico, ligeramente adhesivo; raíces abundantes; límite abrupto y ondulado.

**E** 47-65 cm; Pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo, gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco; franco limoso; masivo con tendencia a laminar; ligeramente duro, friable, no plástico, ligeramente adhesivo; vestigios de moteados, raíces escasas; poros muy finos; límite abrupto y ondulado.

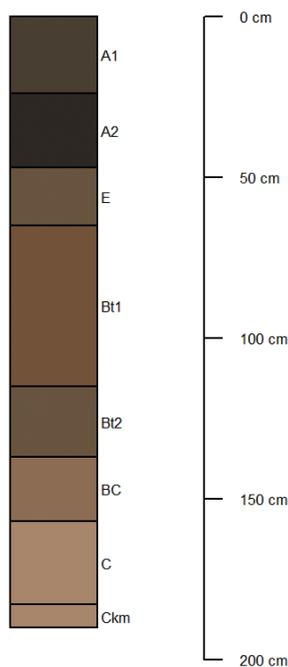
**Bt1** 65-115 cm; Pardo a pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo, pardo (7.5YR 5/4) en seco; arcilloso, prismas compuestos regulares, muy gruesos, fuertes; extremadamente duro, muy firme, muy plástico, muy adhesivo; barnices de arcilla muy abundantes; moteados comunes, medios, precisos; raíces escasas; grietas de 1,5 cm de ancho; chorreaduras de materia orgánica; límite claro y ondulado.

**Bt2** 115-137 cm; Pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo, pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; arcilloso; prismas compuestos regulares, gruesos, moderados; extremadamente duro, firme, muy plástico, muy adhesivo; barnices de arcilla muy abundantes; moteados comunes, medios, precisos; raíces muy escasas; grietas de 1.5 cm de ancho; chorreaduras de materia orgánica; límite claro y suave.

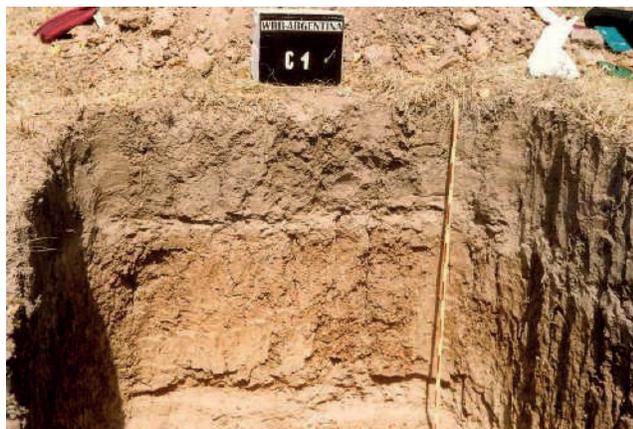
**BC** 137-157 cm; Pardo (7.5YR 5/4) en húmedo, pardo claro (7.5YR 6/4) en seco; franco arcillo limoso; prismas simples irregulares; muy duro, firme, plástico y adhesivo; barnices de arcilla escasos; raíces muy escasas; límite claro y suave.

**C** 157-183 cm; Pardo claro (7.5YR 6/4) en húmedo, rosado (7.5YR 7) en seco; franco limoso; masivo; ligeramente duro, friable, no plástico, ligeramente adhesivo; raíces muy escasas; límite abrupto y ondulado.

**Ckm** 183 cm a +; Tosca.



■ **Figura 1.** Esquema del perfil descripto



**Figura 2:** Foto del perfil Argialbol vértico

### Datos analíticos de laboratorio

Horizontes	A1	A2	E	Bt1	Bt2	BC	C	Ckm
Profundidad (cm)	0-24	24-47	47-65	65-115	115-137	137-157	157- 183	183 a +
Mat. orgánica (%)	2,44	2,76	0,92	1,17	0,62	-	-	-
Carbono total (%)	1,42	1,60	0,53	0,68	0,36	-	-	-
Nitrógeno (%)	0,14	0,15	0,06	0,08	0,04	-	-	-
Relación C/N	10,1	10,7	8,8	8,5	9	-	-	-
Arcilla <2 μ (%)	24,7	25,5	20,1	35,2	30,4	26,0	20,6	-
Limo 2-20 μ (%)	26,5	32,1	28,1	28,1	31,7	27,5	25,8	-
Limo 2-50 μ (%)	58,7	58,2	60,7	52,5	53,1	56,7	58,7	-
AMF 50-75 μ (%)	10,1	11,2	11,6	7,5	9,6	10,0	11,3	-
AMF 75-100 μ (%)	3,3	2,9	4,7	3,1	4,0	5,2	6,8	-
AMF 50-100 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
AF 100-250 μ (%)	1,0	1,3	2,3	1,6	1,9	1,1	2,3	-
AM 250-500 μ (%)	1,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	-
AG 500-1000 μ (%)	0,8	0,3	0,2	-	-	-	-	-
AMG 1-2 mm (%)	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-
Calcáreo (%)	-	-	-	-	-	-	vest	37,0
Eq.humedad (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Re. pasta Ohms	-	-	-	-	-	-	-	-
Cond. mmhos/cm	-	-	-	-	-	-	-	-
pH en pasta	6,3	6,4	6,6	6,2	6,3	6,5	6,6	7,7
pH H2O 1:2,5	6,8	6,8	6,5	6,8	6,7	7,0	7,1	8,3
pH KCL 1:2,5	5,8	6,1	5,6	5,7	5,7	5,8	6,1	7,1
Cationes de cambio								
Ca++ m.eq./100gr	12,7	13,0	6,6	14,0	13,6	13,4	-	-
Mg++ m.eq./100gr	1,3	1,2	1,1	2,4	2,3	2,0	-	-
Na+ m.eq./100gr	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	0,6	0,5	-
K+ m.eq./100gr	1,5	1,0	1,0	5,0	4,6	2,7	2,0	-
H+ m.eq./100gr	-	-	-	-	-	-	-	-
PSI (%)	2,0	2,1	3,3	2,8	2,5	2,8	3,1	-
Suma de Bases	15,9	15,6	9,0	22,1	21,1	18,7	-	-
CIC m.eq./100gr	19,4	18,9	12,1	24,9	24,1	21,0	16,2	-
Sat. con bases (%)	81,9	82,5	74,3	88,7	84,7	89,0	-	-

## Clasificación taxonómica: Natracuol típico

### Ubicación del perfil:

Latitud S: 34° 35' 44,63"

Longitud W: 58° 40' 46,07"

Altitud 7 m s.n.m.

**Posición en el paisaje:** Bajo elongado cóncavo

**Uso y vegetación:** pastizal natural; ganadería

**Limitaciones de uso:** Tipo de drenaje epi (peligro de cobertura por agua superficial), suelo con alcalinidad sódica.

**Descripción del perfil:** Serie Cañada Forletti

**Reconocedores:** F. Rainoldi y P. Malone

**A** 0-20 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo, gris oscuro (10YR 4/1) en seco, franco arcillo limoso; bloques subangulares, medios, moderados que rompen a bloques angulares finos; ligeramente duro, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; moteados de hierro manganeso, escasos, finos, débiles; microconcreciones de carbonato de calcio, comunes; carbonatos libres, reacción moderada; límite inferior, claro y suave.

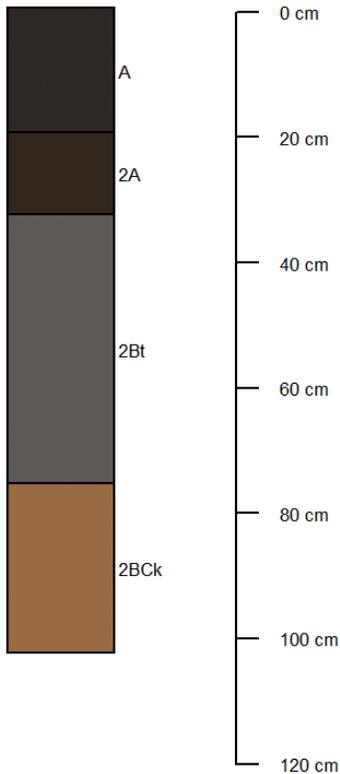
**2A** 20-33 cm; Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo, pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; franco limoso; bloques subangulares, medios moderados que rompen a bloques angulares, finos,

ligeramente duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; moteados de hierro manganeso, escasos débiles; microconcreciones de carbonato de calcio comunes; carbonatos libres, moderada reacción; límite inferior, claro y suave.

**2Bt** 33-76 cm; Gris oscuro (7.5YR 4/1) en húmedo, gris a gris claro (7.5YR 6/1) en seco; arcilloso; prismas, medios, fuertes que rompen a bloques angulares, medios, moderados; duro, firme, plástico, adhesivo, barnices de arcilla abundantes, precisos, sobresalientes; microconcreciones de carbonato de calcio, comunes de 1 a 2 cm de diámetro, límite inferior, claro y suave.

**2Bck** 76-103 cm; Pardo oscuro (7.5YR 5/6) en húmedo, amarillo rojizo (7.5YR 7/6) en seco; franco limoso; bloques subangulares, medios, moderados que rompen a bloques subangulares finos; ligeramente duro, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; tonos de gley gris oscuro (5Y 4/1); barnices de arcilla, escasas concreciones de carbonato de calcio, abundantes de 3 cm; carbonatos libres, reacción fuerte; moteados de hierro manganeso, abundantes, precisos, sobresalientes.

**Observaciones:** 103 cm a más, nivel freático.



**Figura 1:** Esquema del perfil descripto



**Figura 2:** Foto de un perfil Natracuol típico, en la cercanía de la Cañada Forletti (Construcción de monolito).



**Figura 3:** Foto de un perfil Natracuol típico, con la capa freática alta.



**Figura 4:** Foto del mismo Natracuol típico de la figura 3, con la capa freática baja.

### Datos analíticos de laboratorio

Horizontes	A	2A	2Bt	2Bck
Profundidad (cm)	0-20	20-33	33-76	76-103
Mat. orgánica (%)	3,31	1,93	0,53	0,14
Carbono total (%)	1,92	1,12	0,31	0,08
Nitrógeno (%)	0,18	0,10	0,041	-
Relación C/N	10,91	11,09	7,56	-
Fósforo asimilable (ppm)	-	-	-	-
Arcilla <2 $\mu$ (%)	28,2	26,9	44	26,4
Limo 2-20 $\mu$ (%)	27	30,9	18,5	24,1
Limo total (%)	52,1	52,8	39,8	51,5
AMF 50-75 $\mu$ (%)	3,9	4,9	9,2	7,5
AMF 75-100 $\mu$ (%)	2	3,7	3,1	7
AMF 50-100 $\mu$ (%)	5,9	8,6	12,3	14,5
AF 100-250 $\mu$ (%)	1,6	1,8	2,1	3,2
AM 250-500 $\mu$ (%)	-	0,2	0,2	-
Arena total $\mu$ (%)	7,5	10,6	14,6	17,7
AMG 1-2 mm (%)	-	-	-	-
Calcáreo (%)	-	-	-	-
Eq.humedad (%)	33,2	33,3	62,9	39,7
Re. pasta Ohms	-	-	-	-
Cond. mmhos/cm	-	-	-	-
pH en pasta	7,7	8	8,1	7,9
pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	8,5	8,6	8,7	8,8
pH KCL 1:2,5	7	7	6,8	6,9
Cationes de cambio				
Ca++ m.eq./100gr	-	-	-	-
Mg++ m.eq./100gr	-	-	-	-
Na+ m.eq./100gr	1,6	2,7	5,8	4,4
K+ m.eq./100gr	0,8	0,9	1,8	1,5
H+ m.eq./100gr	-	-	-	-
PSI (%)	8,2	14	27,6	22
Suma de Bases	-	-	-	-
CIC m.eq./100gr	19,4	19,4	21	20
Sat. con bases (%)	-	-	-	-



## VI- REFERENCIAS

- Angelini, M. 2018. Structural equation model for digital soil mapping. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen, Países Bajos, 186 p.
- Bertoldi de Pomar, H. 1969. Notas preliminares sobre la distribución de minerales edafógenos en la Provincia de Santa Fe. Quinta Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Santa Fe. Actas: pp. 716-726.
- Bressan, E., Castiglioni, M. y Morrás, H. 2014. Análisis de algunos criterios para la caracterización de Argiudoles vérticos de la Pampa Ondulada". Actas XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Bahía Blanca, (editado en CD).
- Camilión, M. 1993. Clay mineral composition of pampean loess (Argentina). *Quat. Int.* 17: 27-31.
- Cappagli, B. 2016. Un poco de historia. En: Molina, A. (ed.). El Jardín Botánico Arturo E. Ragonese (JBAER): miradas a través del tiempo, realidad y prospectiva. Ediciones INTA, pp. 31-35.
- Cappannini, D. 1952. Geoedafología del curso inferior del Río Salado de la Provincia de Buenos Aires. IDIA, año 5, Nros 50-51 (número especial), 56 p.
- Cappannini, D. y Domínguez, O. 1961. Los principales ambientes geoedafológicos de la Provincia de Buenos Aires. IDIA, 163: 33-39
- Castiglioni, M., Morrás, H., Santanatoglia, O., Altinier, M. 2005. Contracción de agregados de Argiudoles de la Pampa Ondulada diferenciados en su mineralogía de arcillas. *Ciencia del Suelo*, 2005, 23 (1): 13-22
- Castiglioni, M., Morrás, H., Santanatoglia, O. 2006. Estudio de la porosidad de Argiudoles de la Pampa Ondulada mediante análisis digital de imágenes. *XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Salta, septiembre 2006 (editado en CD).
- Castiglioni, M., Morrás, H., Santanatoglia, O., Altinier, M. y Tessier, D. 2007. Movimiento del agua en Argiudoles de la Pampa Ondulada con diferente mineralogía de arcillas. *Ciencia del Suelo*, 25 (2): 109-122
- Cingolani, C. 2005. Unidades morfoestructurales (y estructuras menores) de la provincia de Buenos Aires. En: de Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé, M. y Llambías, E. (eds.). Geología y Recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, pp. 21-30.
- Daus, F. 1946. Morfología general de las llanuras argentinas. En: Geografía de la República Argentina, T. III, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, Buenos Aires, pp. 115-357
- Durán, A., Morrás, H., Studdert, G. y Liu, X. 2011. Distribution, properties, land use and management of Mollisols in South America. *Chin. Geogra. Sci.*, 21(5) 511-530. Doi: 10.1007/s11769-011-0491-z
- Etchevehere, P. 1961. Bosquejo de regiones geomorfológicas y de drenaje de la República Argentina. IDIA, 162:5-26
- Etchevehere, P. 1975. Suelos. En: Relatorio. Geología de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, pp. 219-229.
- Etchichury, M. y Tófaló, O. 2004. Mineralogía de arenas y limos de suelos, sedimentos fluviales y eólicos actuales del sector austral de la cuenca Chacoparanense. Regionalización y áreas de aporte. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* 59 (2):317-329.

- Gómez, L. 1993. Carta básica semidetallada de suelos. Complejo de Investigaciones Castelar. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Provincia de Buenos Aires. INTA-CIRN, Instituto de Suelos, 114 p. y mapas.
- González Bonorino, F. 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 20(1):67-148
- González Bonorino, F. 1966. Soil clay mineralogy of the Pampa plains, Argentina. *J. Sed. Petrol.*, 36(4):1026-1035
- Grill, S. y Morrás, H. 2010. Analisis palinofacial de sedimentos del Cenozoico tardío en la Pampa Ondulada. Primeros resultados. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13 (3):221-232.
- Hurtado, M., Moscatelli, G. y Godagnone, R. 2005. Los suelos de la Provincia de Buenos Aires. En: de Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé, M. y Llambías, E. (eds.). *Geología y Recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, pp.201-218
- Imbellone, P. y Camilión, M. 1988. Characterization of the buried tepra layer in soils in Argentina. *Pédologie*, XXXVIII (2): 155-171.
- Imbellone, P. y Giménez, J. 1990. Propiedades físicas, mineralógicas y micromorfológicas de suelos con características vérticas del partido de La Plata. (provincia de Buenos Aires). *Ciencia del Suelo*, 8: 231-237
- Imbellone, P. y Teruggi, M. 1993. Paleosols in loess deposits of the Argentine Pampas. *Quatern. Int.* 17: 49-55
- Imbellone, P., Giménez, J. y Panigatti, J. 2010. Suelos de la Región Pampeana. Procesos de formación. Ediciones INTA, 288p.
- Iñíguez, A. y Scoppa, C. 1970. Los minerales de arcilla en los suelos zonales ubicados entre los ríos Paraná y Salado (Prov. de Buenos Aires). *RIA Serie 3, VII (1):1-41*
- Iriondo, M. 1990. Map of the South American plains – Its present state. *Quat. S. Am. A.* 7: 197-218
- Iriondo, M. 1994. Los climas cuaternarios de la Región Pampeana. *Com. Mus. Prov. Cs. Nat. Florentino Ameghino (Nueva serie)*, Santa Fe, 4(2):1-48
- Iriondo, M y Kröhling, D. 1995. El sistema eólico pampeano. *Com. Mus. Prov. Cs. Naturales Florentino Ameghino (Nueva Serie)* 5(1), 49 p. y figuras.
- Iriondo, M. y Kröhling, D. 1996. Los sedimentos eólicos del noreste de la llanura pampeana (Cuaternario Superior). XIII Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires. *Actas IV*: pp. 27-48.
- Liu, Q., Torrent, J., Morrás, H., Ao, H. y Zhaoxia, J. 2010. Superparamagnetism of two modern soils from the northeastern Pampean region, Argentina, and its paleoclimatic indications. *Geophysical Journal International*, 183: 695-705.
- Morrás, H. 1999. A geochemical differentiation of quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorous contents as detected in the early 20th century. *Quaternary International*, 62: 57-67
- Morrás, H. 2003. Distribución y origen de sedimentos superficiales de la Pampa Norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 10 (1): 53-64
- Morrás, H. 2003. *La Ciencia del Suelo en la Argentina. Evolución y perspectivas*. Ediciones INTA, 98 p.
- Morrás, H. 2004. Un nuevo esquema de sedimentación y evolución de los sedimentos loésicos superficiales en el sur de la Pampa Ondulada en base a criterios mineralógicos y geoquímicos. X Reunión Argentina de Sedimentología. San Luis. *Actas*: pp. 108-109

- Morrás, H. 2010. El ambiente físico del Área Metropolitana de Buenos Aires. En: Alfredo E. Lattes (coordinador). *Dinámica de una ciudad. Buenos Aires, 1810-2010*. Dirección General de Estadística y Censos. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. pp. 25-62.
- Morrás, H. 2020-a. Modelos composicionales y áreas de distribución de los aportes volcánicos en los suelos de la Pampa Norte (Argentina) en base a la mineralogía de arenas. En: Imbellone, P. y Barbosa, O (eds.). *Suelos y Vulcanismo*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Buenos Aires, 2020. Capítulo 5, pp. 127-167 (edición digital). ISBN 978-987-46870-2-9
- Morrás, H. 2020-b. El material parental de los suelos de la Región Pampeana en base a la mineralogía de arenas. Aplicaciones a la interpretación de procesos pedológicos. En: Imbellone, P. y Barbosa, O (eds.). *Suelos y Vulcanismo*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Buenos Aires, 2020. Capítulo 6, pp. 169-184 (edición digital). ISBN 978-987-46870-2-9
- Morrás, H. y Delaune, M. 1985. Caracterización de áreas sedimentarias del norte de la Provincia de Santa Fe en base a la composición mineralógica de la fracción arena. *Cienc. Suelo* 3 (1-2): 140-151
- Morrás, H., Zech, W. y Nabel, P. 1998. Composición geoquímica de suelos y sedimentos loésicos de un sector de la Pampa Ondulada. 2das Jorn. Geológicas y Geofísicas Boaerenses, Mar del Plata, Vol.1: pp.225-232.
- Morrás, H. y Cruzate, G. 2000. Clasificación textural y distribución espacial del material originario de los suelos de la Pampa Norte. (XVII Congr. Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, (editado en CD)
- Morrás, H. y Moretti, L. 2016. A new soil-landscape approach to the genesis and distribution of Typic and Vertic Argiudolls in the Rolling Pampa of Argentina. En: A Zinck, G. Metternich, G. Bocco y H. del Valle (eds.). *Geopedology – An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies*. Editores: Springer, Heidelberg, pp. 193-209.
- Morrás, H., Altinier, M., Castiglioni, M., Grasticini, G., Ciari, G. y Cruzate, G. 2002. Composición mineralógica y heterogeneidad espacial de sedimentos loésicos superficiales en la Pampa Ondulada. *Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Pto. Madryn, 2002 (editado en CD).
- Morrás, H., Altinier, M., Castiglioni, M. y Tessier, D. 2004-a. Relación entre la mineralogía de arcillas y la susceptibilidad magnética en tres suelos del sur de la Pampa Ondulada. *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Paraná, Libro de Resúmenes, p. 352
- Morrás, H., Ciari, G., Grasticini, C., Cruzate, G., Altinier, V. y Castiglioni, M. 2004-b. Variación espacial y relación entre la retención de humedad y la mineralogía magnética en suelos de la Pampa Ondulada, *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Paraná, (editado en CD-Rom).
- Morrás, H., Cruzate, G., Angelini, M., Gómez, L., Moretti, L. y Deferrari, M. 2007. Suelos. En: Nabel, P. y Kullock, D. (Eds.) *Atlas Ambiental de Buenos Aires*. 1ª Ed. Museo Argentino de Ciencias Naturales-Gob. de la Ciudad de Buenos Aires, 112 p., 2007, pp. 48-51. (también texto y mapas en [www.atlasambientaldebuenosaires.gov.ar](http://www.atlasambientaldebuenosaires.gov.ar))
- Morrás, H., Moretti, L., Hatté, C. y Zech, W. 2007. Perfiles de isótopos estables del Carbono en materiales Cenozoicos de las Regiones Pampeana y Subtropical de la Argentina. En: M. Lazzari y C. Videla (Eds.). *Isótopos Estables en Agroecosistemas*, Universidad Nacional del Sur, Edius, Bahía Blanca, pp.157-162
- Morrás, H., Benedito, L., Melchiori, M., Angelini, M., Bressan, E. y Laghi, J. 2022. El coeficiente higroscópico y la susceptibilidad magnética en la cartografía de suelos de la Pampa Ondulada, Argentina. En: Foix, N. (ed.). *Actas XXI Congreso Geológico Argentino, Geología y desarrollo, desafíos del siglo XXI*. Pto Madryn, Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires (libro digital, pdf), pp. 1412-1413. ISBN 978-987-48319-9-6.
- Morrás, H., Bressan, E., Angelini, M., Tenti Vuegen, L., Rodríguez, D. y Schulz, G. 2022. Polygenic Vertisols and “hidden” Vertisols of the Paraná River basin, Argentina. En: Zinck,

- J., Metternich, G., del Valle, H. y Angelini, M. (eds). *Geopedology. An integration of Geomorphology and Pedology for soil and landscape studies*. 2nd edition. Springer, Switzerland (en edición).
- Nabel, P., Morrás, H., Petersen, N. y Zech, W. 1999. Correlation of magnetic and lithologic features of soils and Quaternary sediments from the Undulating Pampa, Argentina. *Journal of South America Earth Sciences*, 12: 311-323
- Nabel, P. y Pereyra, F. 2002. El paisaje natural bajo las calles de Buenos Aires. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Ministerio de Educación de la Nación. 123 p. ISBN 987-96408-2-9.
- Nabel, P., Morrás, H. y Sapoznik, M. 2005. Magnetoestratigrafía de sedimentos cenozoicos en el oeste del Gran Buenos Aires. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* 60 (2): 383-388.
- Pasotti, O. y Castellanos, A. 1963. El relieve de la llanura santafesino-cordobesa comprendido entre los paralelos 32° y 33°30'S y desde 62°45'W hasta el río Paraná. Instituto de Fisiografía y Geología, Fac. de Cs., Ing. y Arquitec., Universidad Nacional de Rosario, Publicaciones XLVII, 82 p., 13 figs y 11 lám.
- Pasotti, P. 1968. Evidencias morfológicas del levantamiento de la "Pampa levantada" en un sector de la llanura santafesino-bonaerense. Instituto de Fisiografía y Geología, Fac. de Cs., Ing. y Arquitec., Universidad Nacional de Rosario, Publicaciones LIII, 32 p., 23 figs.
- Pasotti, P. 1974. La neotectónica en la llanura pampeana. Fundamentos para el mapa neotectónica. Instituto de Fisiografía y Geología, Fac. de Cs., Ing. y Arquitec., Universidad Nacional de Rosario, Publicaciones LVIII, 23 p. y 9 figs.
- SAGyP-INTA. 1989. Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires (Escala 1:500.000), Buenos Aires, 544 p.
- Scoppa, C. 1974. The pedogenesis of a sequence of Mollisols in the Undulating Pampa (Argentina). Dr. Thesis, State University of Ghent, Bélgica. 158 p. y anexos.
- Scoppa, C. 1976. La mineralogía de los suelos de la llanura pampeana en la interpretación de su génesis y distribución. *Actas VII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*, Bahía Blanca, IDIA Suplemento 33, pp.659-673
- Scoppa, C. y Vargas Gil, J. 1969. Delimitación de sub-zonas geomorfológicas en un sector de la región pampeana y sus relaciones edafogenéticas. En: *Actas V Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*, Santa Fe, pp. 424-434.
- Sayago, J. 1995. The Argentine neotropical loess; an overview. *Quat. Sci. Rev.* 14: 755-766.
- Teruggi, M. 1957. The nature and origin of Argentine loess. *J. Sed. Petrol.* 27(3):322-332
- Teruggi, M. y Imbellone, P. 1983. Perfiles de estabilidad mineral en suelos desarrollados sobre loess de la región pampeana septentrional, Argentina. *Cienc. Suelo*, 1(1):65-74.
- Zárate, M. 2003. Loess of southern South America. *Quat. Sci. Rev.*, 22: 1987-2006
- Zárate, M. 2005. El Cenozoico Tardío continental de la Provincia de Buenos Aires. En: de Barrio, R.; R Etcherry; M Caballé & E Llambías (eds.). *Geología y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*, La Plata, pp. 139-158.
- Zárate, M y Blasi, A. 1993. Late Pleistocene-Holocene eolian deposits of the southern Buenos Aires Province, Argentina: a preliminary model. *Quatern. Int.* 17: 15-20.
- Zárate, M. y Rabassa, J. 2005. Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires. En: de Barrio, R., Etcherry, R., Caballé, M. y Llambías, E. (eds.). *Geología y Recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina*, Buenos Aires, pp. 119-138.

**XXVIII**  
Congreso  
Argentino  
de la Ciencia  
del Suelo  
Buenos Aires 2022



*Suelos saludables,  
sustento de la sociedad  
y el ambiente.*

**Organizan**



**AACCS**  
ASOCIACIÓN ARGENTINA  
CIENCIA DEL SUELO

**.UBA**agronomía  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria  
Argentina

**Patrocinan**

**BUNGE**

**AMAUTA**

 **Timac** AGRO

 **COFCO INTL**  
FERTILIZANTES



Bolsa  
de Cereales



**PROFERTIL**  
Vida para nuestra tierra



**Recuperar**  
S.A.S.

[congreso2022.suelos.org.ar](http://congreso2022.suelos.org.ar)