GEOTECNIA

Geología y suelos de Misiones

Formaciones, perfiles de meteorización y tipos de suelo



UNaM-IGG prohibida su reproducción

· [Cátedra: ingenieria goelogica y geotecnica] · 2026

RECORRIDO

Contenidos

1 · Marco geológico

Rocas, formaciones, historia historia geológica y relieve de relieve de la meseta misionera.

Diapositivas 3–10

2 · Meteorización

Cómo el basalto se transforma en suelo: perfil, saprolito, suelo maduro, mineralogía.

Diapositivas 11–19

3 · Suelos de Misiones Misiones

Suelos según el paisaje, suelos grises, plintita e itacurubí, origen del manto. manto.

Diapositivas 20–27

4 · Propiedades

Qué cambia entre suelo maduro y saprolito y por qué la arcilla es poco activa.

Diapositivas 28–32

En Misiones predominan los suelos residuales derivados de la meteorización del basalto.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

MARCO GEOLÓGICO

Ubicación y clima



≈ 2300 mm

precipitación media anual en Oberá

16 – 26,5 °C

temperaturas medias anuales mínima y máxima

Clima subtropical **sin estación seca**, selva subtropical y topografía relativamente llana: condiciones que favorecen la meteorización química de la roca y la formación de suelos residuales.

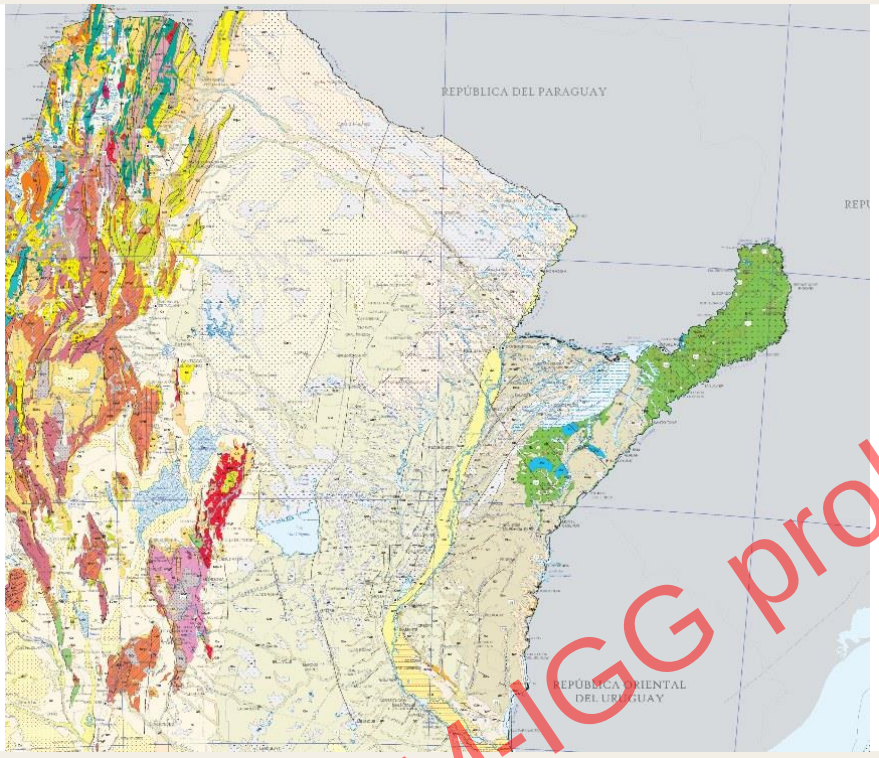
Departamento Oberá (en rojo), área de estudio de Bogado et al. (2017)

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Bogado, Reinert y Francisca (2017), Int. J. Geotech. Eng.

MARCO GEOLÓGICO

Contexto geológico regional



Mapa geológico regional; en verde, los basaltos de Misiones

Cuenca del Paraná

Misiones está en el sector sudoccidental de la Gran Cuenca Sedimentaria del Paraná (Planalto Meridional de Brasil).

Formación Serra Geral

El derrame basáltico continental más grande del mundo: sur de Brasil, este de Paraguay, NE argentino y parte de Uruguay.

Paraná – Etendeka

Su equivalente africano está en Namibia (Etendeka): ambos se separaron al abrirse el Atlántico Sur.

UNaM IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Mignone et al. (2021); Bogado et al. (2017) citando a Gentili y Rimoldi (1979) y Fodor et al. (1985); Remesal et al. (2011)

MARCO GEOLÓGICO

Evolución geológica

Paleozoico

Se forma la Cuenca sedimentaria del Paraná.

Jurásico – Cretácico

Desierto de dunas: se depositan las areniscas eólicas (Fm. Botucatu).

Cretácico Inferior · ≈134–129 Ma

Ruptura de Gondwana: derrames basálticos de la Serra Geral, con areniscas intercaladas.

Cenozoico

Ascenso del bloque misionero; alternancia de períodos húmedos y secos; secos; superficies de pedimentación.

Cuaternario

Alternancia climática: se desarrolla el manto de alteración actual (suelos rojos).

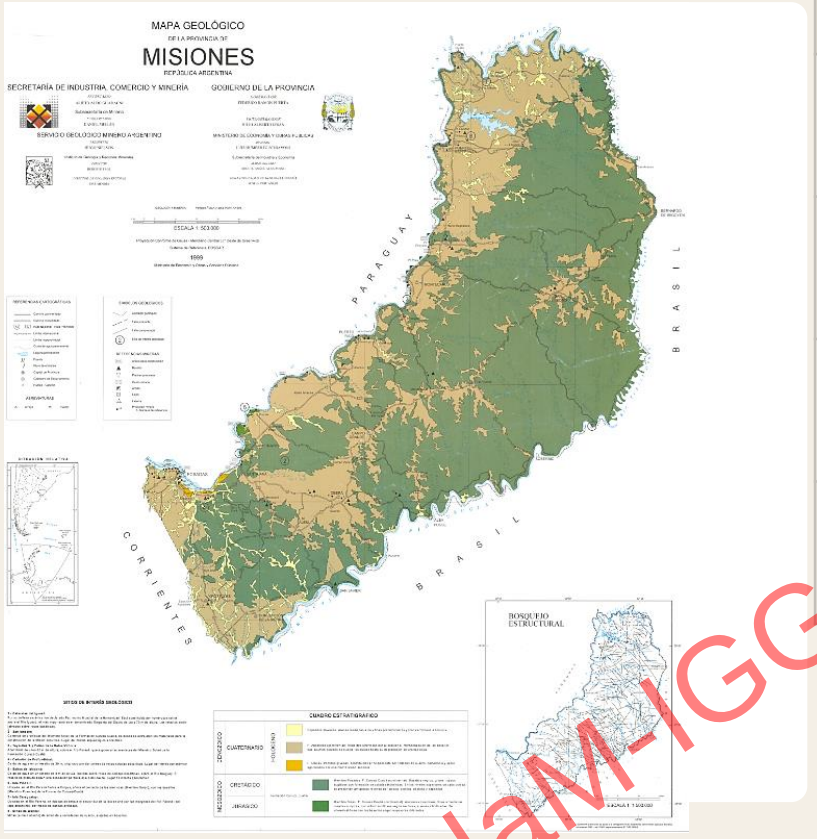
La roca madre de la mayoría de los suelos de la provincia se formó en un evento volcánico volcánico relativamente breve; el suelo es producto de una meteorización muy prolongada. prolongada.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Mignone et al. (2021) según Popolizio (1996); Bogado et al. (en prep.) según Grillo et al. (2016); Morrás et al. (2009)

MARCO GEOLÓGICO

Unidades estratigráficas



Unidad	Roca	Por qué importa
Fm. Botucatu (base)	Areniscas eólicas	Reservorio del Acuífero Guaraní; aflora en los bordes de la meseta
Fm. Serra Geral · Mb. Posadas	Basaltos toleíticos	Roca madre de los suelos rojos y grises
Fm. Serra Geral · Mb. Solari	Areniscas intertrápicas	Lentes entre coladas: pausas del volcanismo
Cobertura cenozoica	Suelos residuales, coluvios, aluviones	Es el terreno de fundación de las obras

La estratigrafía del basalto sigue en revisión: Grillo et al. (2016) proponen subdividir la Serra Geral en cuatro formaciones.

Mapa geológico de la provincia de Misiones (Dirección de Geología y Minería)

Fuentes: Herbst (1971) y Remesal et al. (2011) en Bogado et al. (2017); Teruggi (1955); Bogado et al. (en prep.)

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Informe CARTA 1953

Las litologías identificadas son nombradas como: areniscas continentales, rocas efusivas básicas, terrenos residuales (lateritas) y sedimentos aluvionales antiguos y modernos.

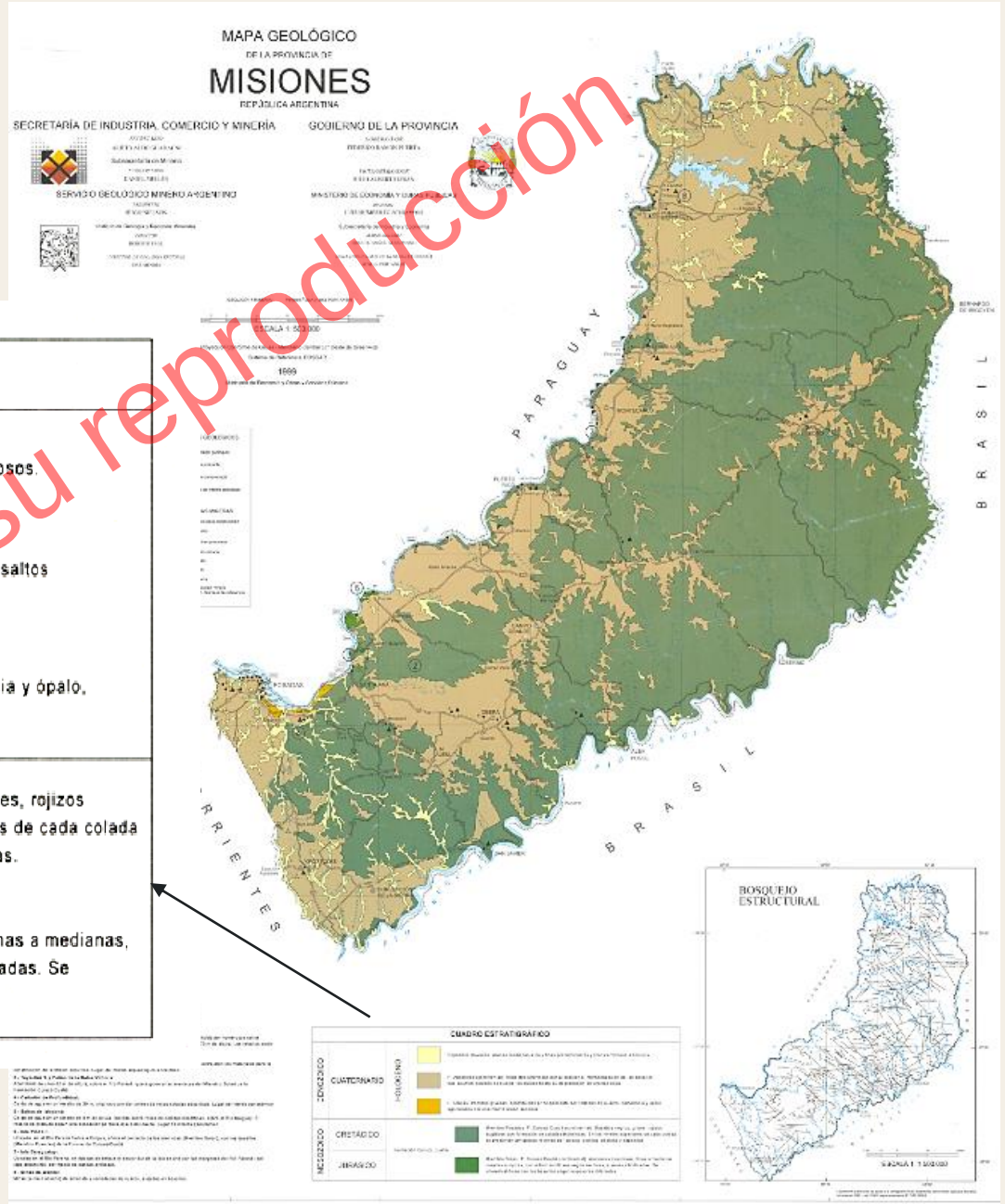


UNaM-ICG prohibida su reproducción

Informe CARTA 1953

CUADRO ESTRATIGRÁFICO

CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Depósitos aluviales. Arenas medianas a muy finas predominantes y limos arcillosos a limosos.
				F. Apóstoles (continental): Regolitos lateríticos por alteración e intemperización de los basaltos que asumen estados de suelos residuales hasta su degradación en arcillas rojas.
				F. Ubajay: Psefitas gruesas, constituidas principalmente por rodados de cuarzo, calcedonia y ópalo, aglutinados por una matriz areno-arcillosa.
MESOZOICO	CRETÁCICO	Formación Curuzú Cuatiá		Miembro Posadas. F. Curuzú Cuatiá (continental): Basaltos negros, grises, rojizos augíticos con formación de coladas tholeíticas. En los niveles superiores de cada colada se presentan amígdalas rellenas por calcita, cloritas, zeolitas y saponitas.
	JURÁSICO			Miembro Solari. F. Curuzú Cuatiá (continental): Areniscas cuarzosas, finas a medianas, rosadas a rojizas, con mátriz arcillosas según sectores, a veces silicificadas. Se interestratifican con los basaltos según espesores diferentes.



UNaM-IGG prohibida su reproducción

MECÁNICA DE LOS SUELOS & FUNDACIONES
GEO
FI-UNaM

CUADRO ESTRATIGRÁFICO

CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	 Depósitos aluviales. Arenas medianas a muy finas predominantes y limos arcillosos a limosos.
			 F. Apóstoles (continental): Regolitos lateríticos por alteración e intemperización de los basaltos que asumen estados de suelos residuales hasta su degradación en arcillas rojas.
			 F. Ubajay: Psefitas gruesas, constituidas principalmente por rodados de cuarzo, calcedonia y ópalo, aglutinados por una matriz areno-arcillosa.
MESOZOICO	CRETÁCICO	Formación Curuzú Cuatiá	 Miembro Posadas. F. Curuzú Cuatiá (continental): Basaltos negros, grises, rojizos augíticos con formación de coladas tholeíticas. En los niveles superiores de cada colada se presentan amígdalas rellenas por calcita, cloritas, zeolitas y saponitas.
	JURÁSICO		 Miembro Solari. F. Curuzú Cuatiá (continental): Areniscas cuarzosas, finas a medianas, rosadas a rojizas, con mátriz arcillosas según sectores, a veces silicificadas. Se interestratifican con los basaltos según espesores diferentes.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Formaciones Geológicas

Paraguay	Argentina	Uruguay	Brasil (Sur)	Brasil (C-N)	Unidades aquíferas
Formación Alto Paraná	Formación Serra Geral (Curuzú Cuatiá) Formación Posadas/Solari	Formación Arapey	Formación Serra Geral	Grupo Baurú Formación Serra Geral	Pos-SAG
Formación Misiones	Formação Misiones (Formação Tacuarembó)	Formación Tacuarembó	Formaciones Botucatú/Guará Formación Caturrita Formación Santa María	Formación Botucatú Formación Pirambóia	↑ 130 millones de años SAG 250 millones de años ↓
Formación Tacuary Gr. Independencia	Formación Buena Vista	Formación Buena Vista	Formación Sanga do Cabral	Formaciones Corumbataí/Río do Rasto	Pre-SAG

UNAM-IGG prohibida su reproducción

ROCAS

Basalto



Cantera de basalto

Definición

Roca ígnea volcánica (extrusiva), de composición toleítica.

Mineralogía

Plagioclasa, clinopiroxeno, titanomagnetita e ilmenita, vidrio volcánico y apatita.

Estructura de las coladas

Núcleo masivo, con techo y base vesiculares: zonas más porosas que se alteran de forma diferente.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Teruggi (1955); Campodonico et al. (2019) y Grillo et al. (2016), en Bogado et al. (en prep.)

Miembro Posadas





UNaM-IGG prohibida su reproducción

ROCAS

Arenisca



Arenisca rojiza tallada en las reducciones jesuíticas

Fm. Botucatu

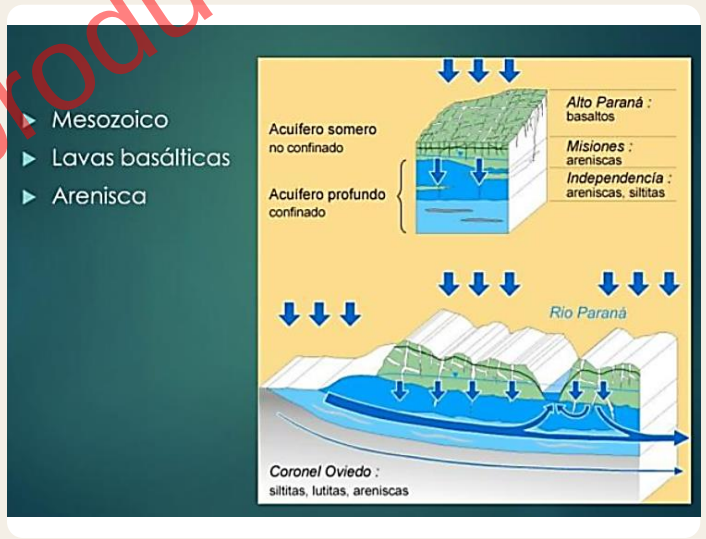
Areniscas eólicas de un antiguo campo de dunas, en la base de la secuencia volcánica.

Mb. Solari

Areniscas intercaladas entre coladas: registran pausas del volcanismo.

Importancia

Reservorio del Acuífero Guaraní; piedra de construcción histórica.



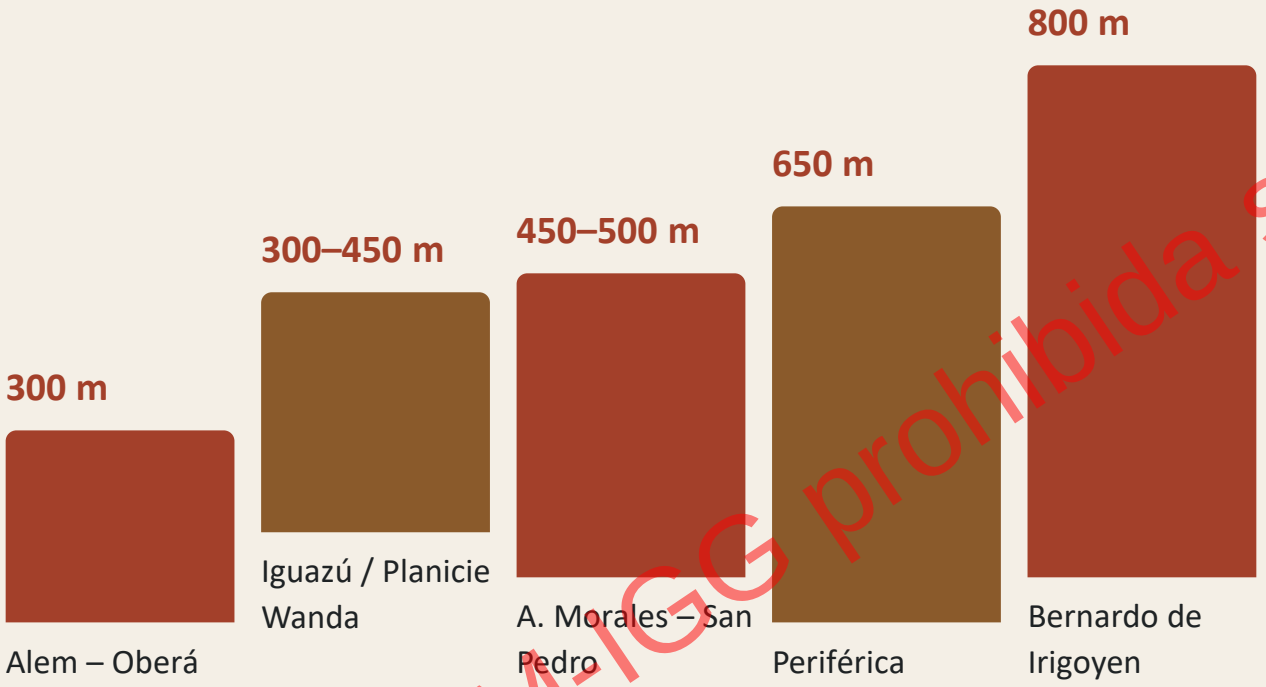
Esquema del Acuífero Guaraní

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Bogado et al. (2017); Bogado et al. (en prep.); Mignone et al. (2021)

RELIEVE

Meseta misionera: superficies escalonadas



Superficies de pedimentación antiguas, cada vez más altas de suroeste a noreste, hasta ocupar toda la provincia.

Los ríos erosionaron la meseta y dejaron una divisoria de aguas cuya parte alta son las sierras.

Oberá está en la superficie más baja (≈300 m).

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Popolizio (1975, 1996), en Mignone et al. (2021). Alturas aproximadas de cada superficie subestructural.

RELIEVE

Dominios geomorfoclimáticos

1 · Altas divisorias del NE

- Relieve digitiforme
- Bosque con araucarias
- Suelos pardos ferralíticos, ácidos, medianamente fértiles
- Movimientos colectivos

2 · Meseta con selva

- Gran extensión, forma mesetiforme
- Selva subtropical, talada para cultivos
- Suelos rojos arcillosos, ácidos
- Movimientos colectivos

3 · Planicie con campos (sur)

- Coladas, areniscas y rodados fluviales
- Pastizales y bosques en galería
- Suelos hidromórficos o poco evolucionados
- Problemas de erosión

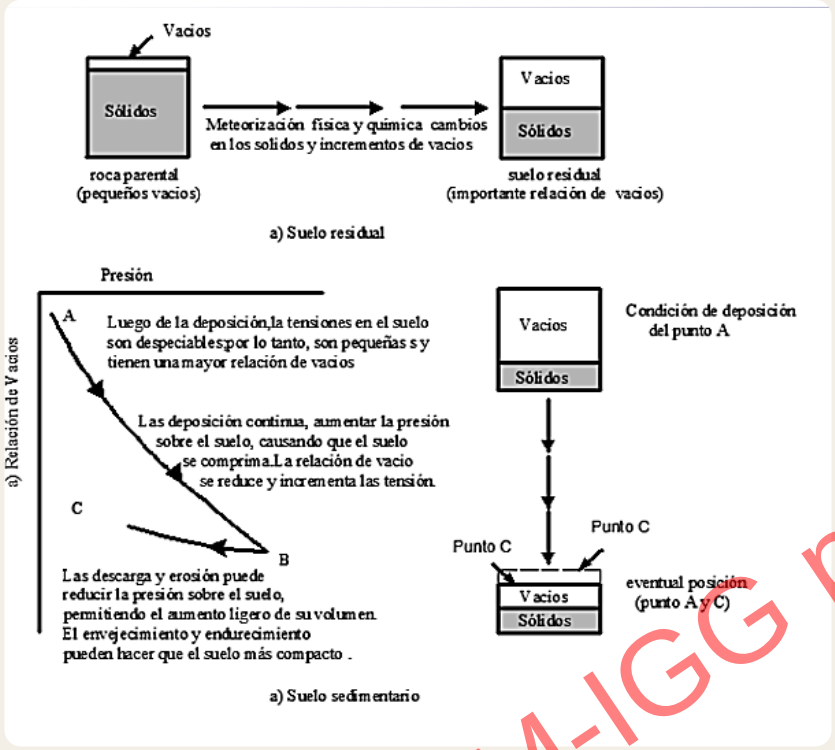
La tala de la selva aumenta el escurrimiento superficial y favorece movimientos colectivos y cárcavas: el relieve responde al uso del suelo.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Popolizio (1975), en Mignone et al. (2021)

METEORIZACIÓN

Suelos residuales y meteorización



Formación de suelos residuales y transportados (Wesley, 2010)

Meteorización física

Descompresión de juntas, expansión y contracción térmica, crecimiento de cristales, actividad orgánica. No cambia la mineralogía.

Meteorización química

Hidrólisis, quelación, intercambio iónico, oxidación y carbonatación: cambia la composición y los minerales.

Meteorización biológica

Bacterias, algas, hongos y raíces actúan a la vez que los procesos anteriores.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Bogado et al. (2017), citando a Mitchell y Soga (2005), Wesley (2009) y Blight y Leong (2012)

METEORIZACIÓN

Perfil de meteorización del basalto

Zona	Horizonte
I · Suelo residual	I.1 Arcilla roja · I.1.A Nivel de grava · I.2 Transición arcilla roja–saprolito · I.3 Saprolito
II · Roca alterada	II.1 Transición saprolito–basalto alterado · II.2 Basalto alterado
III · Roca sana	Basalto sano

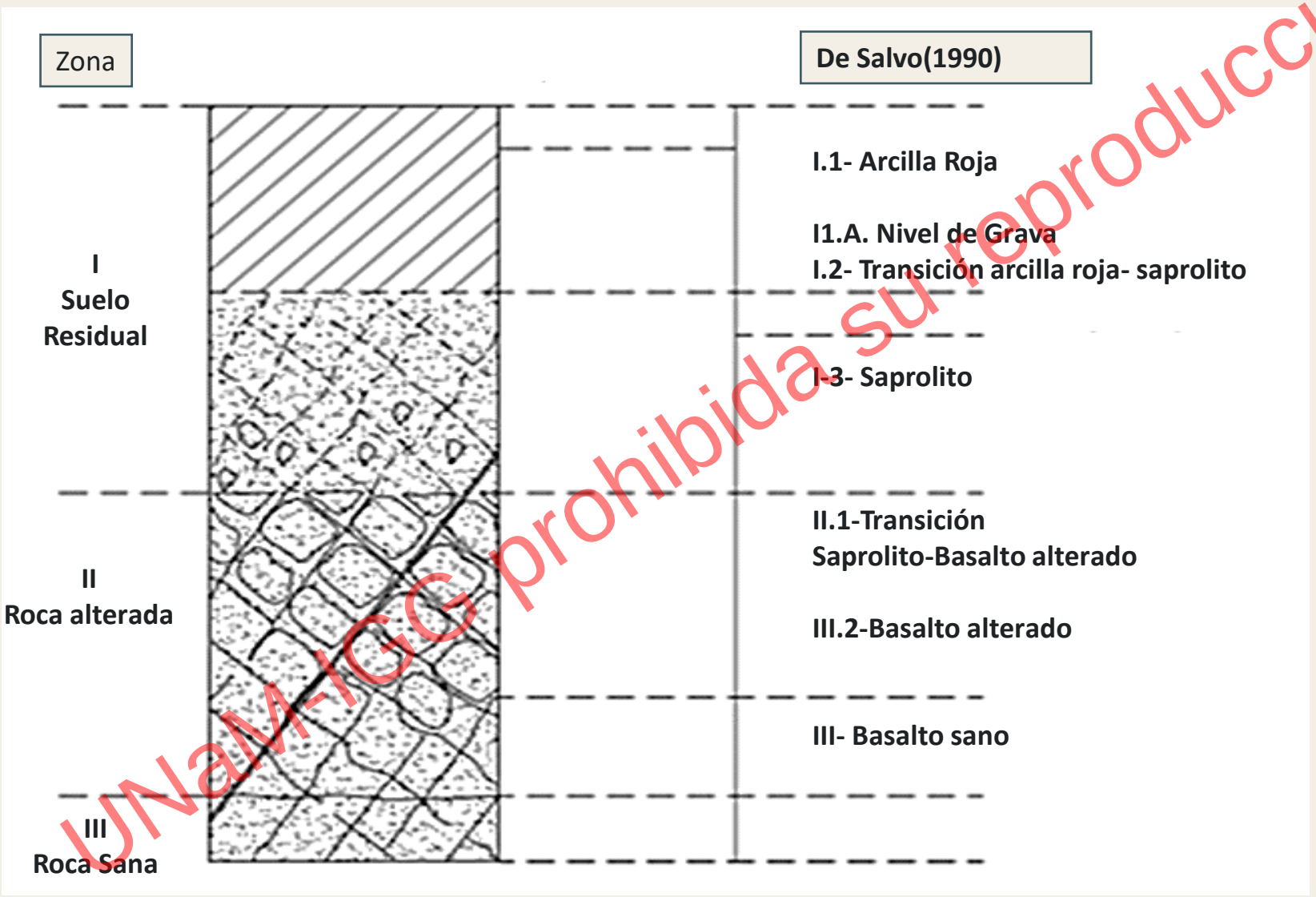
En Oberá: suelo eluvial desde 0,3 m hasta unos 7 m; saprolito por debajo de unos 5 m; roca moderadamente meteorizada a 14 m en el perfil de referencia.

Esquema del perfil (De Salvo, 1990)
1990)

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: De Salvo (1990); Vaz (1996); datos de Oberá: Bogado et al. (2017)

Perfiles de meteorización



UNaM-IGG prohibida su reproducción





UNaM-IGG prohibida su reproducción

METEORIZACIÓN

Saprolito

Parte del perfil donde el suelo conserva la microfábrica y el volumen de la roca madre.

Criterio 1

Es **suelo** en sentido geotécnico (se excava y ensaya como suelo).

Criterio 2

Muestra **rasgos estructurales heredados heredados** que permiten identificar la la roca madre.

Criterio 3

Es **auténticamente residual**: deriva directamente de la roca que tiene debajo.

En Oberá: colores y texturas heterogéneos, discontinuidades orientadas al azar y estructura cementada que afectan su su comportamiento mecánico.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Wesley (2010); Aydin (2006); Lacerda (2010); Pineda et al. (2014), en Bogado et al. (2017)

Saprolito

El término de saprolito es utilizado por algunos geólogos e ingenieros geotécnicos para describir la **zona de la erosión entre la roca y el suelo** Wesley (2010).

La Comisión de Suelos Tropicales de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de la Fundaciones (1985) adoptó el siguiente criterio:

- Desde el **punto de vista geotécnico** podemos considerarlo como **suelo**.
- Expone **claras características estructurales heredados** y es hacen posible la identificación de la roca madre.
- Es **auténticamente residual**, lo que significa que se **deriva directamente de la intemperie de la roca** y es una parte integral del perfil de degradado de la roca madre.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

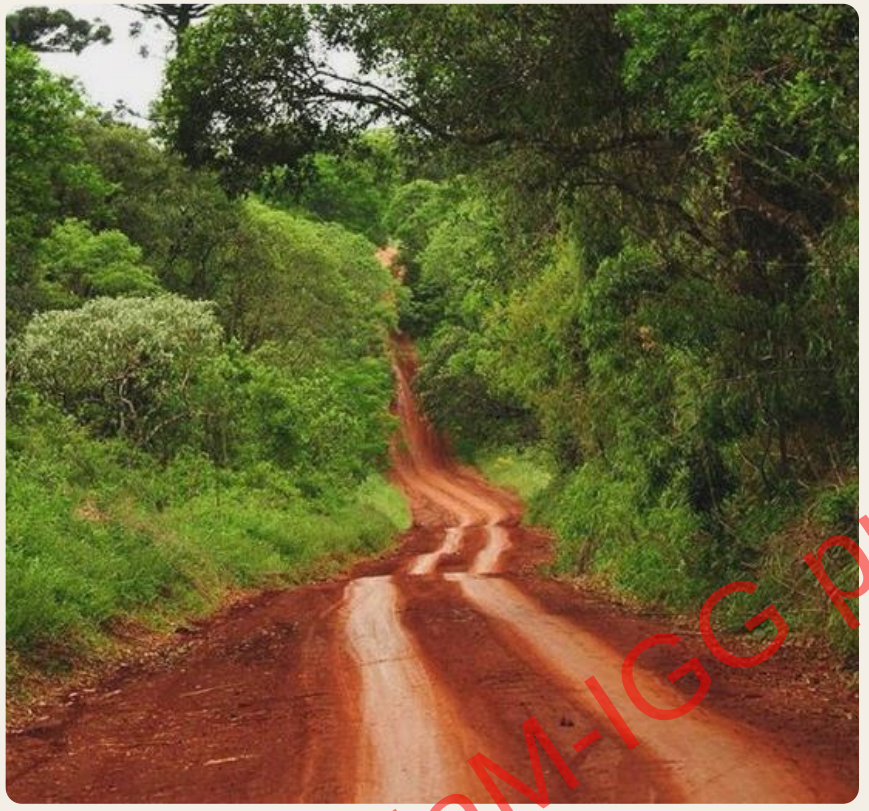
Saprolito



UNaM-IGG prohibida su reproducción

METEORIZACIÓN

Suelo residual maduro (eluvial)



Características

Homogéneo en color, tamaño de grano y mineralogía; ya no conserva textura ni estructura de la roca.

Procesos

Procesos pedogenéticos: eluviación–iluviación, lixiviación de sales y lateralización lateralización (acumulación relativa de óxidos de Fe y Al).

Composición

Color rojo, rico en óxidos de hierro y aluminio y con alto contenido de caolinita. caolinita.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Vaz (1996); Gidigasu (2012); Reinert (2007), en Bogado et al. (2017)

SUELO ROJO

El suelo colorado de qué tipo es?

ES DE TIPO RESIDUAL

PROCESO DE PEDOGENIZACIÓN AVANZADO

UNAM-IGG prohibida su reproducción

Formación Apóstoles

METEORIZACIÓN

Índices de meteorización en Oberá

Prof. (m)	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	Kr	WIP
0,30	42,42	9,95	6,67	5,1	45,3
3,00	32,57	12,60	12,13	2,7	59,1
6,30	15,96	10,84	30,85	0,9	81,6
8,10	36,68	9,97	9,74	3,9	87,9
12,30	28,15	11,14	9,97	2,7	90,0

Kr

Mayor que 2 en 4 de 5 muestras: suelos **fersialíticos**. A 6,3 m el Fe_2O_3 llega a 31 % y Kr ≈ 0,9: un nivel enriquecido en hierro.

WIP (índice de Parker)

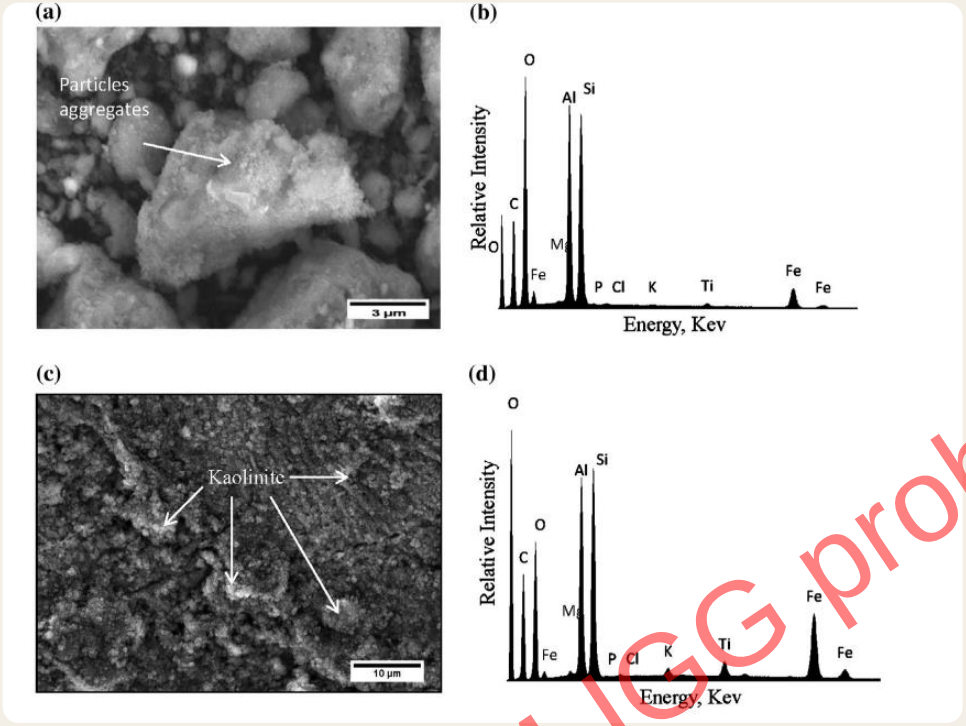
Cerca de 0 = muy meteorizado; cerca de 100 = poco meteorizado. **Aumenta con la profundidad**: la alteración es alteración es máxima arriba.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Datos: Bogado et al. (2017), Tabla 3. Kr calculado con la Ec. 1 del artículo.

METEORIZACIÓN

Mineralogía (DRX y SEM)



SEM y EDX: suelo eluvial a 3 m (arriba) y saprolito a 6,5 m (abajo)

53 – 76 %

caolinita en la fracción arcilla, en todas las muestras

- Muestra total: goethita y hematita; la goethita disminuye con la profundidad
- ≈10 % de esmectita en el suelo eluvial
- ≈5 % de illita en el saprolito
- Agregados de arcilla unidos por óxidos precipitados

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Bogado et al. (2017), difracción de rayos X (método de Rietveld) y SEM-EDX

SUELOS DE MISIONES

Propiedades de los perfiles

Perfil	Suelo	Arcilla %	pH	SB %	CIC
72	Kandiudult ródico	79 → 93	5,0	30	15,6
76	Kandiudalf ródico	56 → 83	5,8	61	14,0
64	Eutrudept dístrico	31	5,8	71	19,5
62	Hapludol lítico	31	6,7	87	28,8
124	Udortent lítico	29	6,5	80	21,5
194	Udortent lítico	43	5,7	65	23,3

Valores del horizonte superficial; en los perfiles rojos, la flecha indica el aumento de arcilla en profundidad. CIC en cmol/kg; SB = saturación de bases.



Lomada y perfil 72, Kandiudult ródico

Suelos rojos profundos: mucha arcilla, ácidos, pobres en bases (ferralitización y argiluviación). Suelos de pendiente: someros, pedregosos con más bases (melanización).

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Moretti et al. (2025), Tabla 1

Suelos grises



a) b)

Figura 5.6: Sitio 2: a) Imagen superficial del terreno; b) Extracción de las muestras.

Sitio de muestreo de arcilla gris (Reinert, 2007)

Origen

Arcillas grises de origen residual, por meteorización del basalto.

Distribución

Áreas húmedas con agua permanente en el suelo: norte de Corrientes, Misiones, este de Paraguay y oeste de RS, SC y sur de PR (Brasil).

Color gris: con saturación permanente el hierro permanece reducido y no se forman hematita ni goethita (gleización).

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Proyecto 16/I078, FI-UNaM (2008); PFIP 2007 'Tratamiento de arcillas grises'; Reinert (2007)

SUELOS DE MISIONES

Suelos grises: problemática geotécnica

Antecedentes en obra

- Se descartan como apoyo de fundaciones por su baja capacidad capacidad portante
- Los ensayos muestran cierto grado de preconsolidación
- Problemas estructurales a mediano y largo plazo en viviendas

Información faltante

- Registros mineralógicos y microscópicos
- Registro sistemático de ensayos geotécnicos
- Normas de ensayo y clasificación para suelos tropicales

Con el Sistema Unificado es difícil distinguir una arcilla gris de una roja, aunque la roja suele comportarse mejor bajo carga. La clasificación por índices no alcanza.

Antecedente: Reinert (2007) ensayó cuatro sitios: humedad, Gs, granulometría, límites, compactación, CBR, corte directo, triaxial, consolidación, expansión y permeabilidad.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Proyecto 16/I078, FI-UNaM (2008), justificación; PFIP 2007, diagnóstico y antecedentes

SUELOS DE MISIONES

Plintita e itacurubí



Plintita



Itacurubí (petroplintita)

Plintita

Material rico en óxidos de hierro, con cuarzo y caolinita, que se endurece de forma irreversible con ciclos de humedecimiento y secado.

Itacurubí

Forma endurecida de la plintita (petroplintita). Su nombre es guaraní.

En geotecnia, los nódulos de itacurubí son inclusiones rígidas dentro de una matriz de suelo: un 'bimsoil' (block-in-matrix soil).

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Siviero, Schvezov y Bogado (2023); Riggi et al. (1964); Medley (1994); Bogado y Francisca (2019); Morrás et al. (2009)

Itacurubi

El **itacurubí** (también llamado **petroplintita**) es la forma **endurecida de la plintita**, un material rico en óxidos de hierro que se forma en suelos tropicales por procesos de meteorización. Cuando la plintita sufre **ciclos repetidos de humedecimiento y secado**, se cementa y se transforma en una **capa o bloques muy duros**. En la región de Misiones este material se conoce en guaraní como **“itá curú” o piedra sapo**. Históricamente se utilizó para la **construcción de las reducciones jesuíticas**, especialmente en paredes y bases de edificios. Por su resistencia también puede emplearse como **material de construcción y en obras viales**.

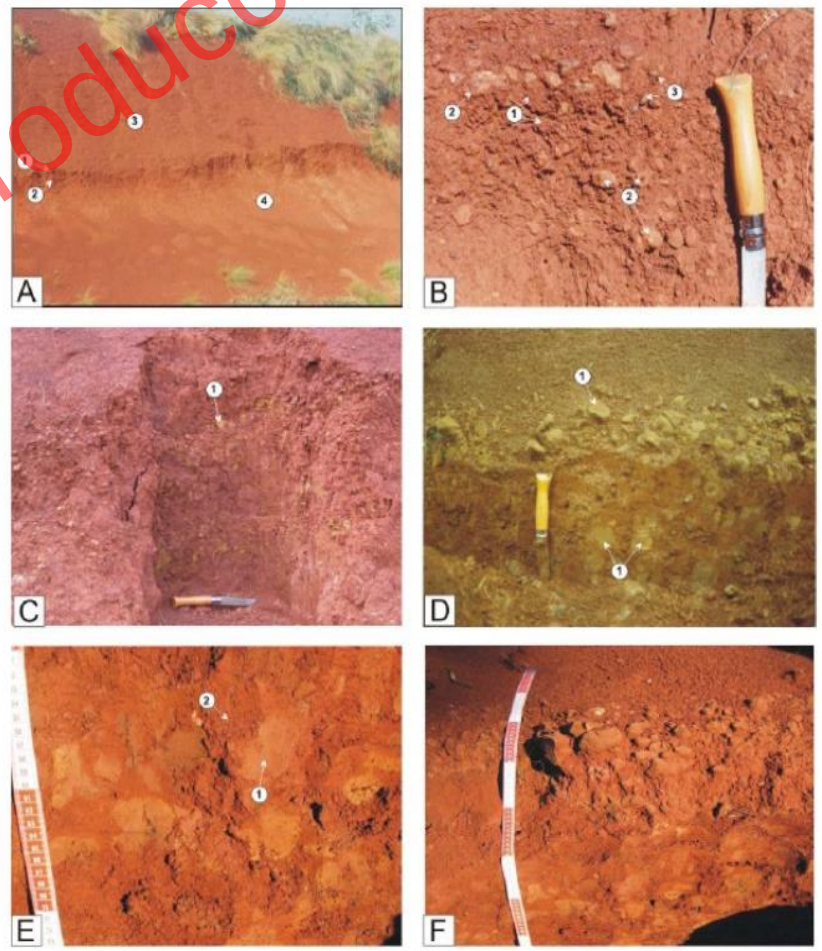


Figura 2.7 Concreciones ferruginosas en suelos residuales Misioneros (Moretti, 2008).

UNaM-ICG prohibida su reproducción

Plintita

La plintita es un material edáfico (suelo) rico en óxidos de hierro y aluminio, caracterizado por su color moteado rojo y capacidad de endurecerse irreversiblemente tras ciclos de humedad y secado . Es un recurso mineral natural, conocido como *itácurú* en Misiones (Argentina), utilizado históricamente en construcciones jesuíticas y con potencial actual en vialidad

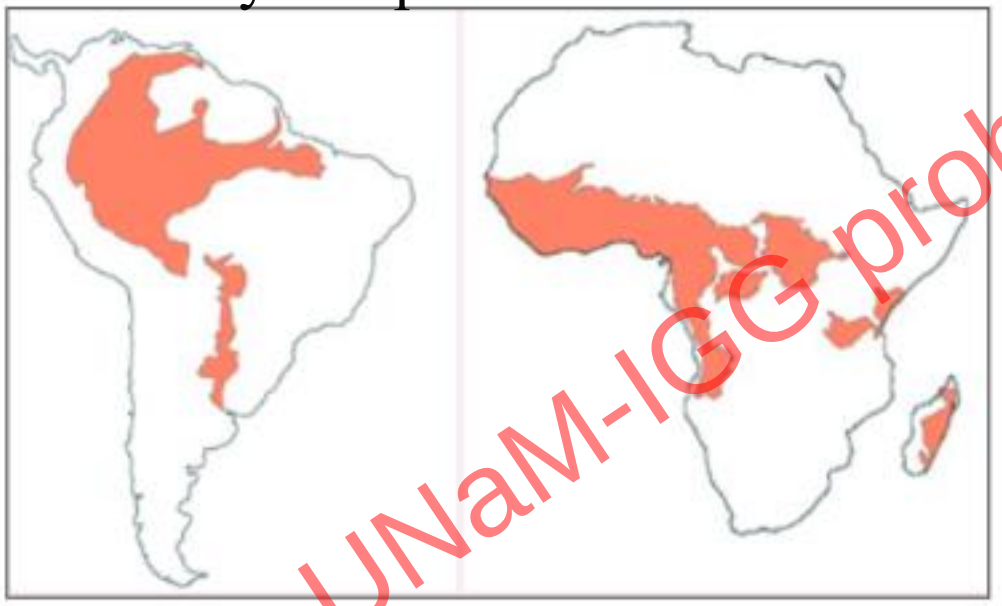


Figure 1: Distribution of plinthite in South America and the African Continent.

Table 2: Geographical distribution of Plinthite [14].

Country or Region	Plinthite soil area, %
West Africa	41
Ghana	54
India	4-6
Tropic America	5.6
Amazon	Less than 2
Brazil	13,5

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Inversión del relieve en un paisaje con erosión

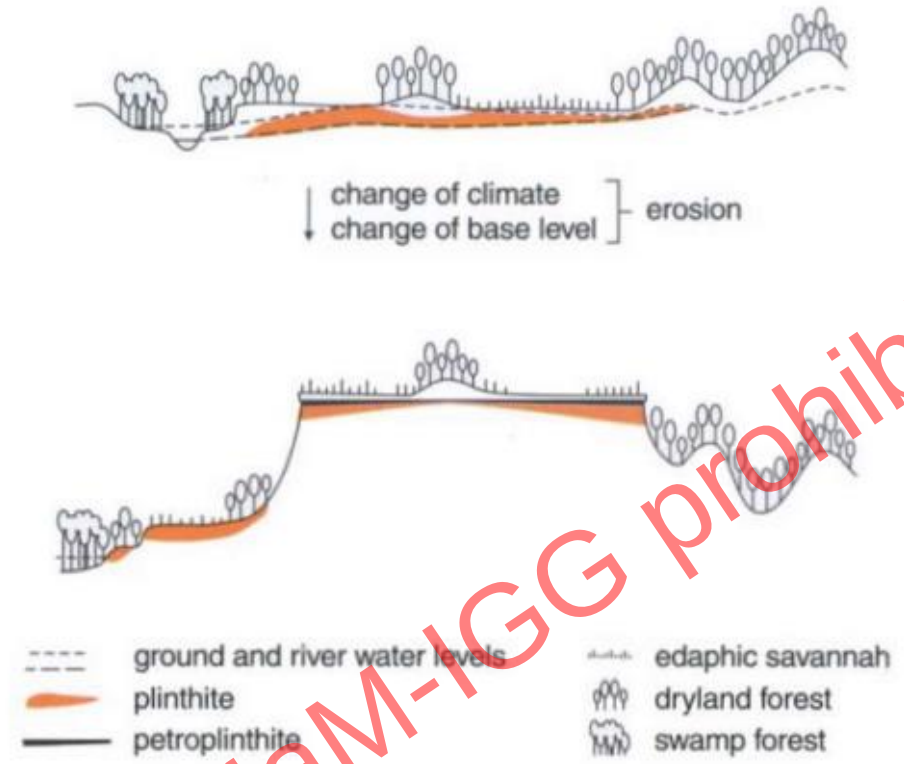
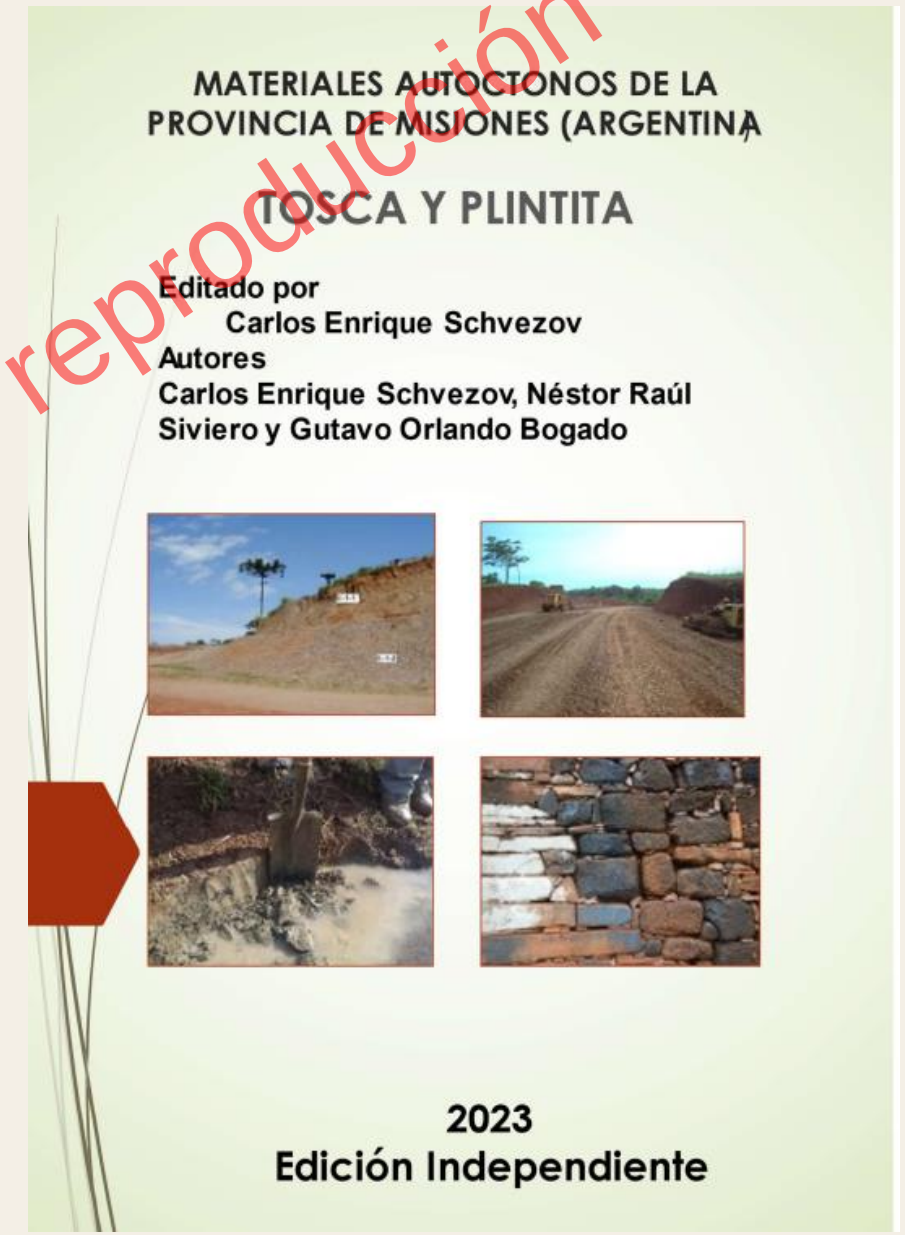


Figura 4.2. Inversión del relieve en un paisaje con erosión. El endurecimiento de la plintita expuesta al ambiente actúa como un escudo protector contra la erosión. (FAO, 1999; Buringh, 1971; Delvaux, 2001).



UNaM-IGG prohibida su reproducción





La **plintita** es un suelo residual tropical rico en hierro, formado por procesos intensos de meteorización en climas cálidos y húmedos. Está compuesto principalmente por **óxidos de hierro, cuarzo y arcillas caoliníticas**. Una característica fundamental es que **se endurece irreversiblemente al sufrir ciclos de humedecimiento y secado**, formando petroplintita o nódulos llamados pisolitos. Estos suelos pertenecen al grupo de los **plintosoles** y se distribuyen principalmente en regiones tropicales. La plintita endurecida se ha utilizado históricamente como **material de construcción y en obras viales**, como en las reducciones jesuíticas de Misiones.

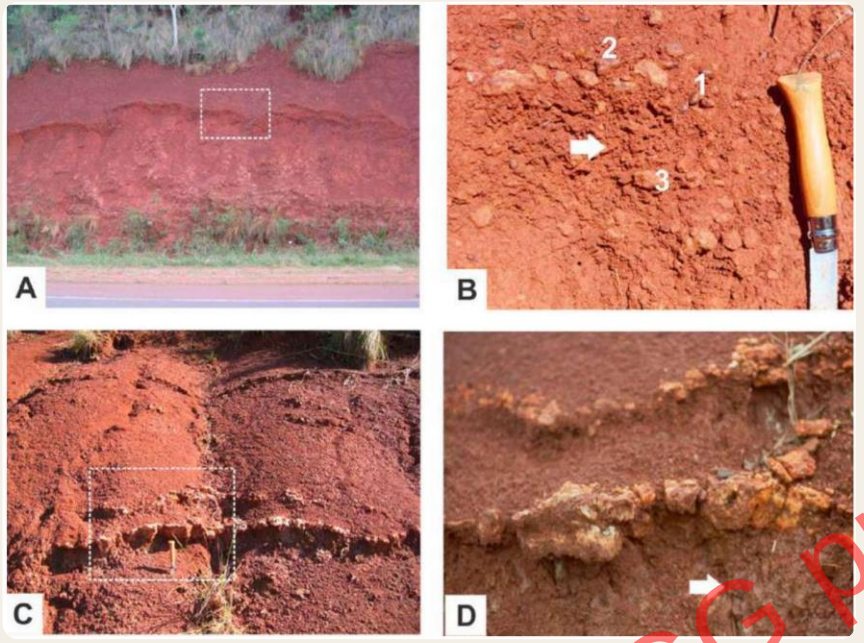
UNaM-ICG prohibida su reproducción

Itacurubi

El **itacurubí** (también llamado **petroplintita**) es la forma **endurecida de la plintita**, un material rico en óxidos de hierro que se forma en suelos tropicales por procesos de meteorización. Cuando la plintita sufre **ciclos repetidos de humedecimiento y secado**, se cementa y se transforma en una **capa o bloques muy duros**. En la región de Misiones este material se conoce en guaraní como **“itá curú” o piedra sapo**. Históricamente se utilizó para la **construcción de las reducciones jesuíticas**, especialmente en paredes y bases de edificios. Por su resistencia también puede emplearse como **material de construcción y en obras viales**.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Líneas de piedra en los suelos rojos



Perfil M0: horizonte de nódulos ferruginosos (A, B). Perfil M5: nódulos arriba y dos horizontes silíceos abajo (C, D)

Horizonte de nódulos ferruginosos

Nódulos de hematita y goethita de 10–15 mm, formados en el basalto masivo. Más masivo. Más típico del sur de la provincia.

Horizonte silíceo

Niveles de cuarzo de pocos milímetros a más de 30 cm: venas relícticas del basalto basalto vesicular y amigdaloide. Típico del centro.

Horizonte estructurado en bloques

Se asocia a los anteriores, dentro o por debajo. No es un paleosuelo enterrado.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Moretti y Morrás, cap. 3: “Líneas de piedra” en suelos del noreste argentino. Origen e implicancias

Líneas de piedra: distribución e implicancias

Sector	Altitud media	Suelos y horizontes pedregosos
Cerro Azul – L. N. Alem	≈ 230 m	Suelos poco profundos; nodulares incipientes
L. N. Alem – Oberá	≈ 300 m	Suelos profundos; nodulares a varios metros
Oberá – San Vicente	300 – 430 m	Predominan silíceos; perfiles complejos
San Vicente – noreste	≈ 300 m	Predominan silíceos; también nodulares

Evidencias de origen in situ

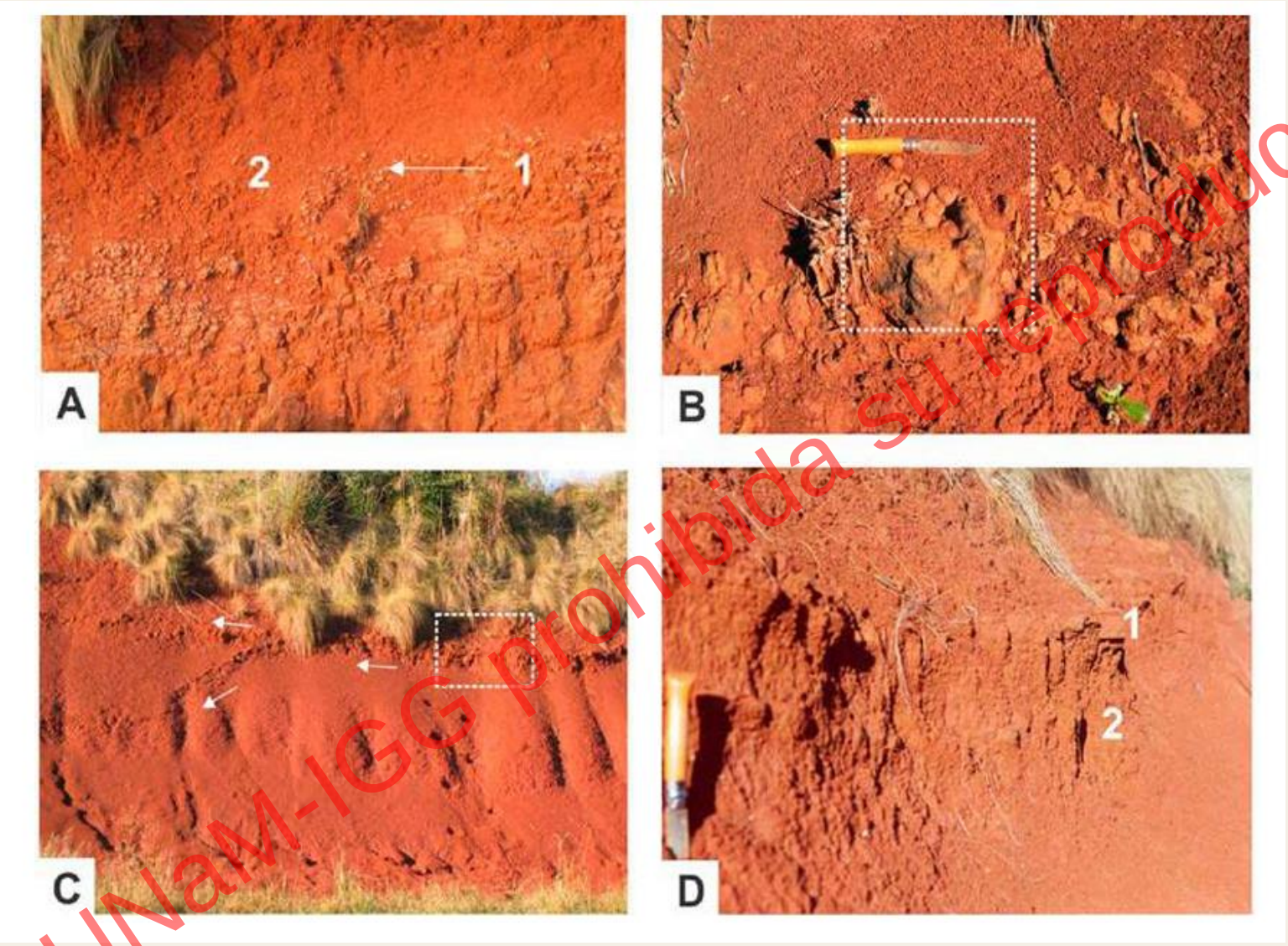
- Nódulos presentes en todo el perfil, incluido el saprolito
- Transición gradual de saprolito a nódulos
- Venas de cuarzo continuas con la roca
- Poros vesiculares del basalto rellenos de calcedonia

Los horizontes silíceos son poco permeables: favorecen el flujo lateral del agua, el escurrimiento y la erosión. En calicatas y sondeos calicatas y sondeos suelen describirse como contacto lítico.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Moretti y Morrás, cap. 3, “Líneas de piedra” en suelos del noreste argentino

Líneas de piedra



UNaM-IGG prohibida su reproducción

Moretti

SUELOS DE MISIONES

Origen del manto de alteración

Hipótesis autóctona

- Continuidad química entre basalto y suelo
- Líneas de piedra formadas en el lugar por meteorización diferencial y bioturbación
- Relaciones Zr/Ti, Nb/Ta y Th/Sc propias de un residuo de basalto

Morrás et al. (2005, 2009); Campodonico et al. (2019)

Hipótesis alóctona

- Limos y arenas muy finas con forma de grano similar al loess loess
- Horizontes que no siempre siguen el relieve
- Aporte eólico ('loess tropical')

Iriondo y Kröhling (2010)

Síntesis actual: el manto profundo (más de 2–3 m) es autóctono; las capas superiores y las líneas de piedra pueden ser poligénicas.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Bogado, Campodonico, Reinert y Schvezov (revisión en preparación); Morrás et al. (2009)

PROPIEDADES

Suelo eluvial y saprolito

Propiedad (media)	Eluvial	Saprolito
Humedad natural (%)	36,4	22,7
Límite líquido (%)	43,9	38,8
Índice de plasticidad (%)	16,5	11,4
Relación de vacíos e	1,2	0,8
Pasa tamiz 200 (%)	90,7	69,5
Cohesión c (kPa)	4,6	6,2
Ángulo de fricción ϕ (°)	13,0	13,9
N del SPT	8,3	8,6

Tendencia

Humedad, plasticidad, finos y vacíos bajan del eluvial al saprolito.

Parámetros c y ϕ

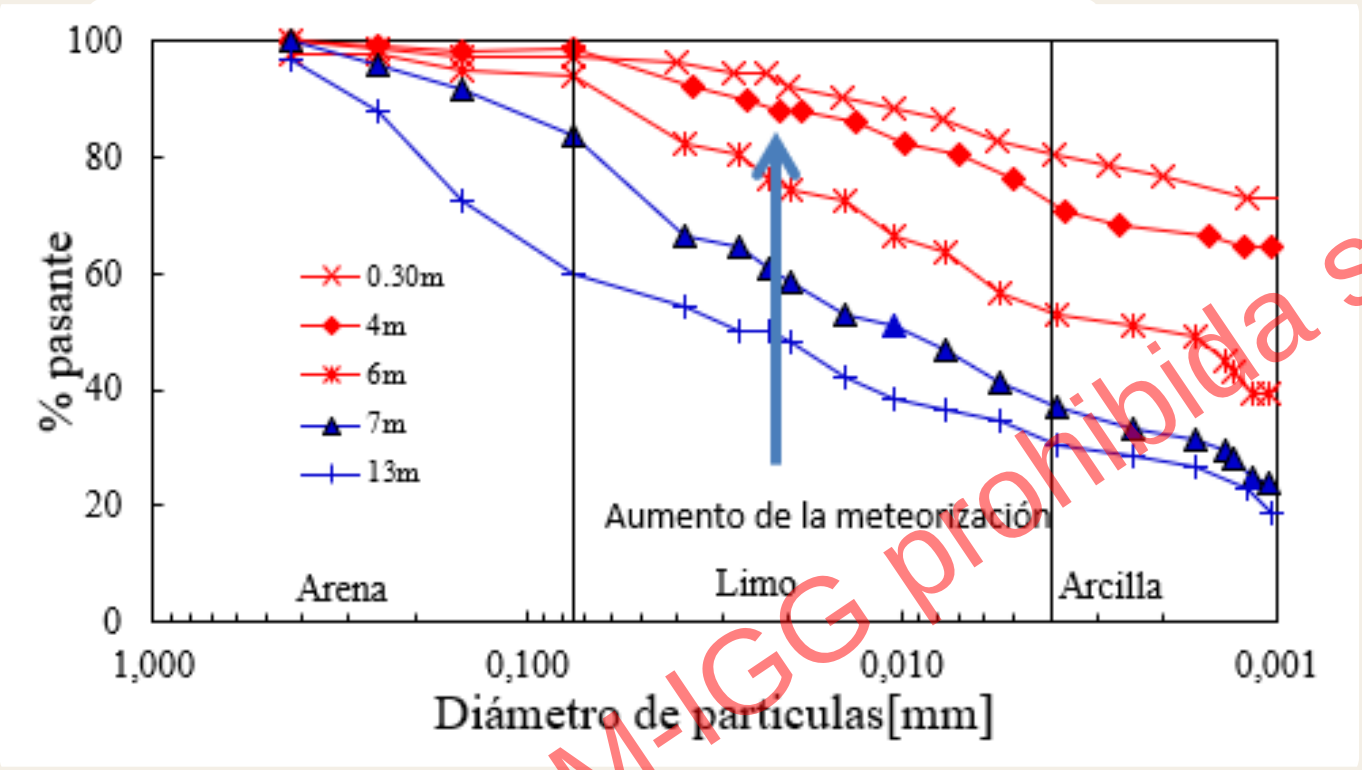
Ensayos triaxiales a humedad natural (no saturados): son parámetros de tensiones totales, no propiedades del material.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Bogado et al. (2017), Tablas 1 y 2 (71 sondeos en 52 km², Oberá)

PROPIEDADES

Variación con la profundidad



Granulometría a distintas profundidades: la meteorización aumenta hacia arriba

arcilla desde la superficie hasta 12,3 m; limo y arena aumentan

- e > 1 en más del 90 % del suelo eluvial eluvial
- e < 1 en más del 95 % del saprolito
- Gs entre 2,65 y 2,85, con leve descenso en profundidad
- El peso unitario aumenta con la profundidad

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuente: Bogado et al. (2017), Figuras 6, 7 y 8; Northmore et al. (1992); Fookes (1997)

PROPIEDADES

Plasticidad y actividad

$$Ia = IP \div \% < 2\ \mu m$$

Ia	Actividad	Arcilla típica
< 0,75	Inactiva	1:1 (caolinita)
0,75 – 1,25	Normal	Mezcla
> 1,25	Activa	2:1 (esmectita)

≈ 0,3

Ia estimado para Oberá: eluvial 16,5 ÷ 60 ≈ 0,28; saprolito 11,4 ÷ 35 ≈ 0,33

Resultado coherente con la caolinita dominante (53–76 %). Más del 95 % de las muestras son de plasticidad media (LL 30–50 %), CL y ML.

Las esmectitas expansivas abundan donde la evapotranspiración supera a la lluvia y hay poca lixiviación. En Misiones ocurre lo contrario: mucha lluvia y lixiviación intensa favorecen la caolinita.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

Fuentes: Bastos (FURG), Plasticidade dos solos; Bogado et al. (2017); Cimentaciones sobre arcillas expansivas, cap. 1

Suelos coluviales





UNaM-IGG prohibida su reproducción

Formación Ubajay







UNaM-IGG prohibida su reproducción

Formación Ubajay (U17 Candelaria)



UNaM-IGG prohibida su reproducción

SÍNTESIS

Conclusiones

1. La roca madre es el basalto toleítico de la Formación Serra Geral (Cretácico Inferior), con areniscas debajo y entre coladas.

2. Clima cálido y lluvioso todo el año: meteorización química intensa que pierde ≈50 % de la masa de la roca.

3. El perfil va de basalto sano a saprolito y a suelo maduro rojo; las propiedades cambian con la profundidad.

4. La caolinita domina la arcilla: por eso los suelos rojos son poco activos y casi no expansivos.

5. El paisaje controla el suelo: rojos profundos en lomadas, someros en pendientes, grises donde hay agua permanente.

UNaM-IGG prohibida su reproducción

FUENTES

Bibliografía

Bogado, G. O., Reinert, H. O. y Francisca, F. M. (2017). Geotechnical properties of residual soils from the North-east of Argentina. Int. J. Geotech. Eng. doi:10.1080/19386362.2017.1326682

Bogado, G. O., Campodonico, V. A., Reinert, H. O. y Schvezov, C. E. (en prep.). prep.). Caracterización geoquímica, mineralógica y geotécnica de los suelos suelos residuales lateríticos de Misiones.

Bogado, G. O. y Francisca, F. M. (2019). Shear wave propagation in residual soil–rigid inclusion mixtures. Powder Technology 343.

Moretti, L. M. et al. (2025). Fisiografía y suelos de la cuenca del arroyo Soberbio, Soberbio, Misiones. Ciencia del Suelo 43(1): 97–109.

Mignone, A. et al. (2021). Principales rasgos geológicos y geomorfológicos en Misiones y Corrientes. GEOHOY 2(3), UNNE.

FI-UNaM (2008). Proyecto 16/I078: Caracterización geotécnica de suelos grises del Dpto. Oberá.

FI-UNaM (2007). PFIP: Tratamiento de arcillas grises en la construcción de conjuntos habitacionales.

Reinert, H. O. (2007). Caracterización geotécnica de suelos grises del Dpto. Oberá. Dpto. Oberá. Tesis de Maestría, UNC.

Siviero, N., Schvezov, C. E. y Bogado, G. O. (2023). Materiales autóctonos de la provincia de Misiones.

Morrás, H. J. M. et al. (2009). Genesis of subtropical soils with stony horizons in NE Argentina. Quaternary International 196.

Popolizio, E. (1975, 1996). Dominios geomorfoclimáticos de Misiones; El funcionamiento del sistema natural. UNNE.

De Salvo (1990), Vaz (1996), Wesley (2010), Fookes (1997) y Gidigasu (2012), en Bogado et al. (2017).

Bastos, C. Plasticidade dos solos. Apuntes de Mecánica de Suelos, DMC/FURG.

Cimentaciones sobre arcillas expansivas, capítulo 1 (Introducción).

Moretti, L. M. y Morrás, H. J. M. “Líneas de piedra” en suelos del noreste argentino. Origen e implicancias. Cap. 3, pp. 89–120.

UNaM-IGG prohibida su reproducción