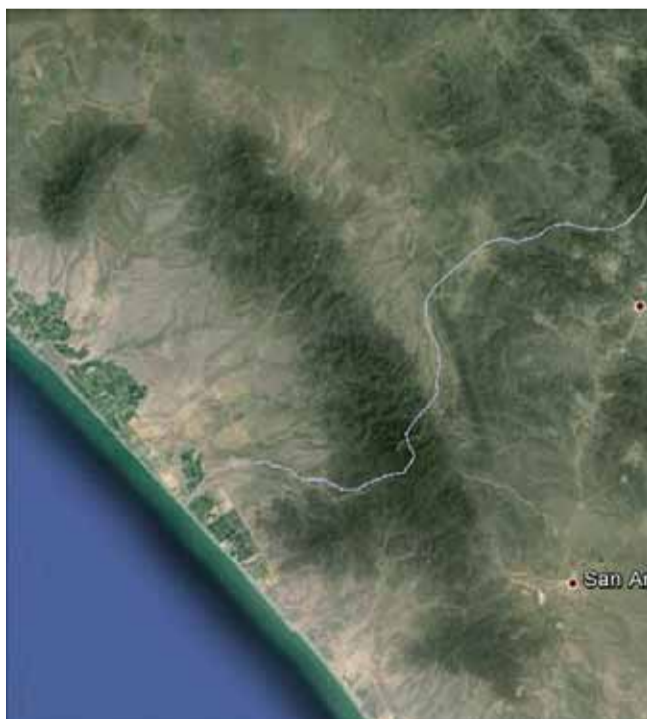




Estudiantes desarrollando prácticas de manejo de suelos en áreas de Estelí, Nicaragua. (JLMR)



En esta página se muestra, de manera esquemática, el proceso de elaboración de mapas de suelo. Se inicia con la lectura del territorio a través de fotografías aéreas o imágenes de satélite (imagen a la izquierda. Fuente: Google Earth, Digital Globe, NOAA U.S. Navy), para después definir las unidades de suelo (mediante levantamientos de suelo, como se muestra en la imagen del centro. Foto: CCG) y paisaje. A través del estudio de los suelos se estima su distribución y por último se delimitan las unidades gráficamente (imagen a la derecha. Fuente: JRC).

## ¿Por qué cartografiar los suelos?

El mapeo del suelo puede ser útil para propósitos tales como:

- Proporcionar información para facilitar la gestión del territorio (p. ej. con fines agrícolas) mediante la identificación de los recursos naturales y la capacidad del suelo;
- Proporcionar información estratégica sobre el estado actual del suelo (p. ej. para el desarrollo de políticas nacionales);
- Extrapolar los resultados de estudios locales y redes de monitoreo del suelo;
- Demostrar cómo la variabilidad del suelo local y nacional se inscribe en un patrón global (transnacional).

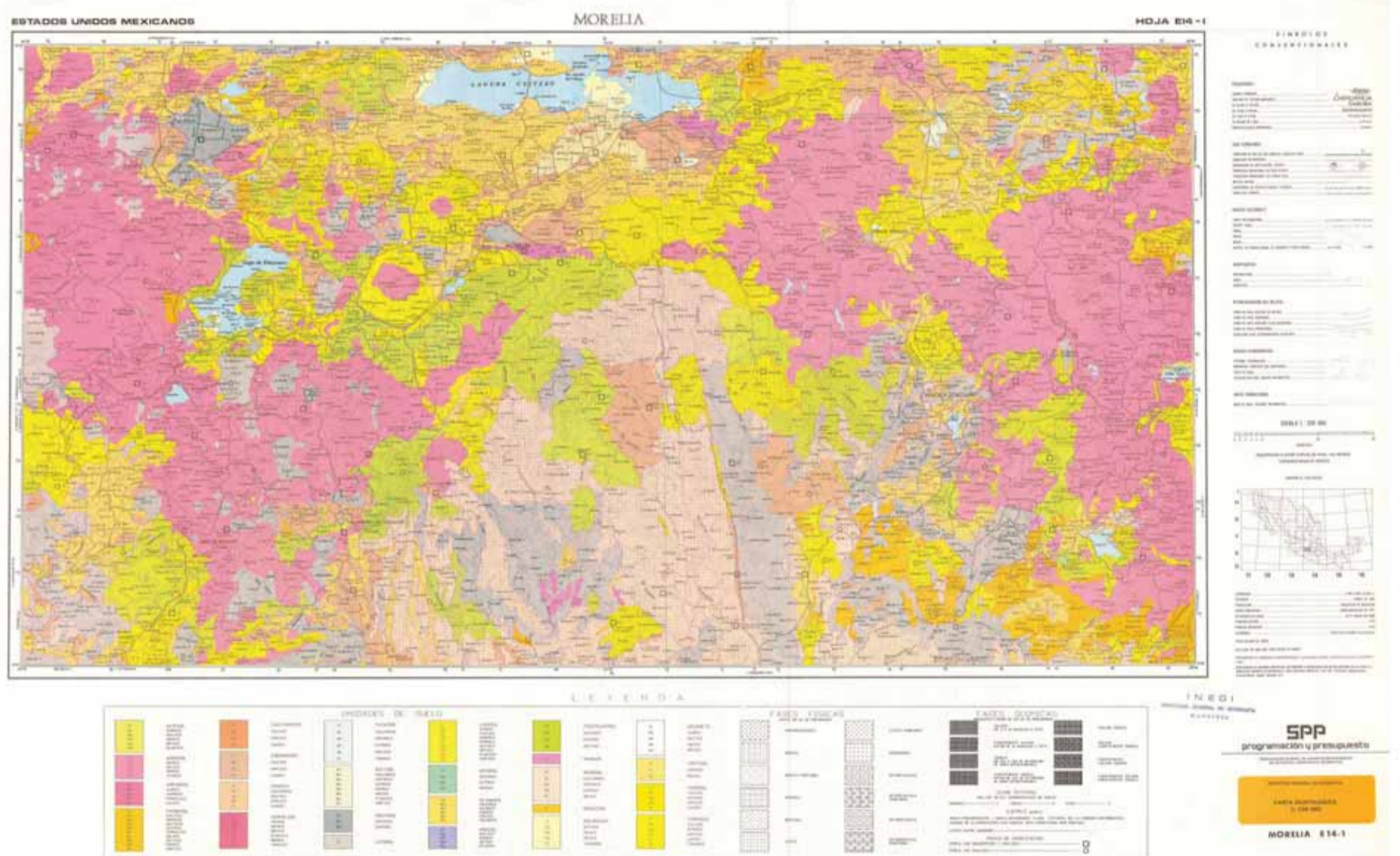
El alcance de la información requerida para cada uno de estos propósitos es variado, aunque se solapan frecuentemente. Por ello, las técnicas utilizadas en la cartografía e inventarios de suelos pueden ser muy diversas dependiendo de la finalidad del mapeo. En general, los estudios de suelos se dividen en generales y específicos.

Los mapas de uso general pretenden cuantificar y describir una amplia gama de propiedades de los suelos, de manera que puedan ser utilizados para aplicaciones diferentes. Este tipo de mapas suele cubrir grandes áreas, desde cuencas hidrográficas hasta continentes. En cambio, los mapas con objetivos específicos están orientados hacia la cuantificación y la variación espacial de una propiedad del suelo dada o atributo (p. ej.: el contenido de nutrientes, la capacidad de retención de agua o la textura). En áreas muy pequeñas se pueden llevar a cabo mapeos aún más específicos, como es el caso de parcelas experimentales o terrenos en los que se desempeña una actividad particular o bien un incidente ha contaminado el suelo.

### Evolución de la cartografía de suelos

Desde 1980, la Topografía, ciencia que estudia la representación gráfica de la superficie de la Tierra, ha ido adoptando herramientas informáticas cada vez más sofisticadas.

El uso de tecnología como la teledetección (sensores y cámaras montadas en aviones y satélites utilizados para obtener imágenes), los sistemas de posicionamiento global (GPS) (para georreferenciar la información de los datos recogidos en campo), las tabletas (para las observaciones de campo) y bases de datos (para almacenar la información), hoy en día son usadas habitualmente por las organizaciones encargadas de los levantamientos de suelo. Mediante el uso Sistemas de Información Geográfica (ver página 136), todos estos datos pueden compilarse en un único entorno de computación, para posibilitar la creación de mapas de suelo de una manera precisa. En un futuro, los datos proporcionados por sensores de alta resolución espacial y espectral, junto con los nuevos software geoestadísticos, serán utilizados cada vez más para completar la información de los inventarios de campo.



México ha terminado su cartografía de suelos a escala 1:250.000 en dos sistemas de clasificación de suelos diferentes. El primero está basado en la Leyenda FAO-UNESCO y el segundo sigue la clasificación de la Base Referencial Mundial (WRB) de 1998. En el transcurso de esta actividad se han generado 121 mapas impresos y 146 mapas digitales a esta escala. La imagen corresponde a un mapa impreso de la zona E1503. La hoja se denomina "Morelia" por ser ésta la localidad más importante que aparece en ella. La cartografía a escala 1:250.000 ha sido elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) desde 1983. (INEGI)

## ¿Cómo se hace un mapa de suelos?

Los mapas de suelos se basan en observaciones de campo y la posterior interpretación de las características del suelo y sus variaciones. Las interpretaciones se realizan a partir de modelos conceptuales que incorporan las características del suelo, los factores y procesos formadores de suelo. Para la mayoría de los mapas de suelos elaborados durante el s. XX, estos modelos conceptuales nunca fueron definidos explícitamente o cuantificados, sino que se basaban en la experiencia de los topógrafos y en las observaciones de las variaciones locales de las propiedades del suelo. Con la llegada de la era digital, estos modelos conceptuales empezaron a cuantificarse, ganando así en solidez [64].









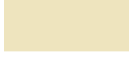



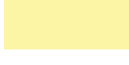

















Las observaciones de campo son la clave para hacer buenos mapas de suelos. La ubicación de cada punto de muestreo es elegida por el encargado del trabajo de campo para proporcionar la información de mayor calidad sobre la variación de las características del suelo. Los factores que determinan esta variación, y que por lo tanto se han usado para desarrollar el modelo conceptual de la variación espacial

del suelo son la geología local, el paisaje, la vegetación y el clima. Los puntos de inspección se suelen situar en un transecto que atraviesa el territorio por una zona donde la topografía (con pendientes variables que dan lugar a cambios en las propiedades del suelo) y la geología varían. En los casos en que el paisaje es más homogéneo, los puntos de muestreo se sitúan de manera aleatoria. En algunos casos, como sucede con los inventarios nacionales, por ejemplo, los puntos de observación se encuentran a intervalos predeterminados por una cuadrícula regular (por ejemplo de 10x10 km).

Según el método de muestreo tradicional, en cada punto se examinan las características del suelo bien por medio de la excavación de un pequeño pozo (para revelar un perfil) o bien mediante el uso de un tornillo sin fin (un tornillo taladrador portátil que transmite el movimiento entre ejes que están en ángulo recto) para extraer muestras de suelo. Mediante ambas técnicas se suele muestrear hasta alcanzar los 2 m de profundidad (si no se encuentra antes la roca madre). Cada punto muestreado es georreferenciado y las características del

suelo anotadas en hojas de registro, a menudo en forma de símbolos o notas. En el mapeo de suelos moderno, la información se registra directamente en formato digital o en formularios estandarizados que luego son digitalizados. La información registrada para cada horizonte puede variar, pero generalmente incluye el espesor, color, textura, tamaño y estructura del suelo, presencia de carbonatos y pedregosidad [44]. Para llevar a cabo una evaluación más detallada de las propiedades del suelo, las muestras se analizan en laboratorio. Tras el muestreo de los puntos necesarios, se desarrolla un modelo conceptual de las relaciones entre las características del suelo y la topografía local, material original, clima y uso del suelo. Acto seguido se dibujan fronteras provisionales allí donde cambian las características del suelo (para este aspecto es crucial la observación en campo). Este proceso suele dar lugar a modificaciones del modelo conceptual utilizado para interpolar entre puntos, dibujando así los límites en el mapa utilizado en campo. El resultado del inventario de campo es un conjunto de mapas que delimitan los límites entre diferentes áreas del suelo.

# Leyenda

	<b>Acrisols</b>
	<b>Alisols</b>
	<b>Andosols</b>
	<b>Arenosols</b>
	<b>Calcisols</b>
	<b>Cambisols</b>
	<b>Chernozems</b>
	<b>Cryosols</b>
	<b>Durisols</b>
	<b>Ferralsols</b>
	<b>Fluvisols</b>
	<b>Gleysols</b>
	<b>Gypsisols</b>
	<b>Histosols</b>
	<b>Kastanozems</b>
	<b>Leptosols</b>
	<b>Lixisols</b>
	<b>Luvisols</b>
	<b>Nitisols</b>
	<b>Phaeozems</b>
	<b>Planosols</b>
	<b>Plinthosols</b>
	<b>Podzols</b>
	<b>Regosols</b>
	<b>Solonchaks</b>
	<b>Solonetz</b>
	<b>Stagnosols</b>
	<b>Technosols</b>
	<b>Umbrisols</b>
	<b>Vertisols</b>

Acrisols	
AC	Acrisols no diferenciados
ACap	Haplic Acrisols (Abruptic)
ACar	Haplic Acrisols (Arenic)
ACau	Haplic Acrisols (Alumic)
ACcr	Chromic Acrisols
ACct	Haplic Acrisols (Cutanic)
ACfr	Ferric Acrisols
ACgl	Gleyic Acrisols
ACha	Haplic Acrisols
ACHd	Haplic Acrisols (Hyperdystric)
AChu	Humic Acrisols
ACle	Leptic Acrisols
ACpl	Plinthic Acrisols
ACro	Rhodic Acrisols
ACst	Stagnic Acrisols
ACum	Umbric Acrisols
Alisols	
ALap	Haplic Alisols (Abruptic)
ALau	Haplic Alisols (Alumic)
ALcr	Chromic Alisols
ALct	Haplic Alisols (Cutanic)
ALfr	Ferric Alisols
ALgl	Gleyic Alisols
ALha	Haplic Alisols
ALhu	Humic Alisols
ALpf	Haplic Alisols (Profondic)
ALpl	Plinthic Alisols
ALpp	Petroplinthic Alisols
ALum	Umbric Alisols
Andosols	
ANca	Silandic Andosols (Calcaric)
ANcc	Calcic Silandic Andosols
ANeu	Eutric Silandic Andosols
ANge	Aluandic Andosols (Gelic)
ANha	Andosols no diferenciados
ANhu	Aluandic Andosols
ANhy	Silandic Andosols (Hydric)
ANle	Leptic Silandic Andosols
ANml	Melanic Silandic Andosols
ANmo	Mollic Silandic Andosols
ANsn	Silandic Andosols
ANum	Umbric Aluandic Andosols
ANvi	Vitric Andosols
Arenosols	
AR	Arenosols no diferenciados
ARab	Albic Arenosols
ARad	Eutric Arenosols (Aridic)
ARbr	Brunic Arenosols

ARca	Calcaric Arenosols
ARdy	Dystric Arenosols
AReu	Eutric Arenosols
ARfl	Ferralic Arenosols
ARfo	Folic Arenosols
ARha	Arenosols no diferenciados
ARle	Leptic Arenosols*
ARwl	Hypoluvic Arenosols
ARng	Endogleyic Arenosols
ARpr	Protic Arenosols
ARso	Eutric Arenosols (Sodic)
ARws	Hyposalic Arenosols
Chernozems	
CHcc	Calcic Chernozems
CHha	Haplic Chernozems
CHle	Haplic Chernozems (Leptic)
CHpc	Petrocalcic Chernozems
CHvr	Vertic Chernozems
Calcisols	
CLad	Haplic Calcisols (Aridic)
CLar	Haplic Calcisols (Arenic)
CLha	Haplic Calcisols
CLle	Leptic Calcisols
CLlv	Luvic Calcisols
CLng	Haplic Calcisols (Endogleyic)
CLns	Haplic Calcisols (Endosalic)
CLpt	Petric Calcisols
CLso	Haplic Calcisols (Sodic)
CLwc	Haplic Calcisols (Hypocalcic)
Cambisols	
CMad	Eutric Cambisols (Aridic)
CMan	Andic Cambisols
CMca	Calcaric Cambisols
CMcr	Chromic Cambisols
CMdy	Dystric Cambisols
CMeu	Eutric Cambisols
CMfl	Ferralic Cambisols
CMfr	Dystric Cambisols (Ferric)
CMfv	Fluvic Cambisols
CMge	Dystric Cambisols (Gelic)
CMha	Cambisols no diferenciados
CMhu	Dystric Cambisols (Humic)
CMle	Leptic Cambisols
CMng	Endogleyic Cambisols
CMns	Endosalic Cambisols
CMoa	Dystric Cambisols (Oxyaquic)
CMro	Rhodic Cambisols
CMsk	Skeletal Cambisols
CMso	Eutric Cambisols (Sodic)

CMst	Stagnic Cambisols
CMvr	Vertic Cambisols
Cryosols	
CRle	Leptic Cryosols
Durisols	
DUfp	Fractipetric Durisols
DUha	Haplic Durisols
DUpt	Petric Durisols
Fluvisols	
FLar	Dystric Fluvisols (Arenic)
FLca	Calcaric Fluvisols
FLce	Eutric Fluvisols (Clayic)
FLdy	Dystric Fluvisols
FLeu	Eutric Fluvisols
FLgl	Gleyic Fluvisols
FLha	Fluvisols no diferenciados
FLhi	Histic Fluvisols
FLsi	Eutric Fluvisols (Siltic)
FLst	Stagnic Fluvisols
Ferralsols	
FRac	Acric Ferralsols
FRdy	Haplic Ferralsols (Dystric)
FRgr	Geric Ferralsols
FRha	Haplic Ferralsols
FRhu	Humic Ferralsols
FRoa	Haplic Ferralsols (Oxyaquic)
FRpl	Plinthic Ferralsols
FRro	Rhodic Ferralsols
FRum	Umbric Ferralsols
FRxa	Xanthic Ferralsols
Gleysols	
GLal	Dystric Gleysols (Alic)
GLan	Dystric Gleysols (Andic)
GLaq	Eutric Gleysols (Anthraquic)
GLar	Dystric Gleysols (Arenic)
GLca	Calcaric Gleysols
GLcc	Calcic Gleysols
GLce	Dystric Gleysols (Clayic)
GLdy	Dystric Gleysols
GLEu	Eutric Gleysols
GLfo	Folic Gleysols
GLfv	Eutric Gleysols (Fluvic)
GLha	Gleysols no diferenciados
GLhi	Histic Gleysols
GLhu	Dystric Gleysols (Humic)
GLmo	Mollic Gleysols
GLns	Eutric Gleysols (Endosalic)
GLpl	Plinthic Gleysols
GLpy	Dystric Gleysols (Petrogleyic)

GLso	Eutric Gleysols (Sodic)
GLti	Thionic Gleysols
GLum	Umbric Gleysols
<b>Gypsisols</b>	
GYha	Haplic Gypsisols
GYpt	Petric Gypsisols
<b>Histosols</b>	
HSdr	Sapric Histosols (Drainic)
HSfi	Fibric Histosols
HSha	Histosols no diferenciados
HShm	Hemic Histosols
HSrh	Rheic Histosols
HSsa	Sapric Histosols
HSso	Hemic Histosols (Sodic)
<b>Kastanozems</b>	
KSc	Calcic Kastanozems
KScr	Haplic Kastanozems (Chromic)
KSha	Haplic Kastanozems
KSle	Haplic Kastanozems (Leptic)
KSlv	Luvic Kastanozems
KSpc	Petrocalcic Kastanozems
KSso	Haplic Kastanozems (Sodic)
<b>Leptosols</b>	
LPca	Eutric Leptosols (Calcaric)
LPdy	Dystric Leptosols
LPeu	Eutric Leptosols
LPfo	Folic Leptosols
LPha	Leptosols no diferenciados
LPhk	Hyperskeletal Leptosols
LPhu	Dystric Leptosols (Humic)
LPli	Lithic Leptosols
LPmo	Mollic Leptosols
LPz	Rendzic Leptosols
LPsk	Eutric Leptosols (Skeletal)
LPum	Umbric Leptosols
<b>Luvicols</b>	
LV	Luvicols no diferenciados
LVab	Albic Luvicols
LVap	Haplic Luvicols (Abruptic)
LVcc	Calcic Luvicols
LVcr	Chromic Luvicols
LVct	Haplic Luvicols (Cutanic)
LVed	Haplic Luvicols (Epidystric)
LVha	Haplic Luvicols
LVhu	Haplic Luvicols (Humic)
LVle	Leptic Luvicols
LVni	Haplic Luvicols (Nitric)
LVpf	Haplic Luvicols (Profondic)
LVro	Rhodic Luvicols

LVsk	Skeletal Luvisols
LVso	Haplic Luvisols (Sodic)
LVst	Stagnic Luvisols
LVvr	Vertic Luvisols
<b>Lixisols</b>	
LXap	Haplic Lixisols (Abruptic)
LXcr	Chromic Lixisols
LXha	Haplic Lixisols
LXhu	Haplic Lixisols (Humic)
LXni	Haplic Lixisols (Nitric)
LXpf	Haplic Lixisols (Profondic)
LXro	Rhodic Lixisols
<b>Nitisols</b>	
NTdy	Dystric Nitisols
NTeu	Eutric Nitisols
NTfi	Ferralic Nitisols
NTha	Nitisols no diferenciados
NThu	Humic Nitisols
NTmo	Mollic Nitisols
NTro	Rhodic Nitisols
NTum	Umbric Nitisols
<b>Phaeozems</b>	
PHar	Haplic Phaeozems (Arenic)
PHca	Calcaric Phaeozems
PHgl	Gleyic Phaeozems
PHha	Haplic Phaeozems
PHle	Leptic Phaeozems
PHlv	Luvic Phaeozems
PHpc	Petrocalcic Phaeozems
PHpd	Haplic Phaeozems (Petroduric)
PHph	Haplic Phaeozems (Pachic)
PHrz	Rendzic Phaeozems
PHsk	Skeletal Phaeozems
PHsl	Haplic Phaeozems (Siltic)
PHso	Haplic Phaeozems (Sodic)
PHst	Haplic Phaeozems (Stagnic)
PHvr	Vertic Phaeozems
<b>Planosols</b>	
PLab	Dystric Planosols (Albic)
PLal	Alic Planosols
PLdy	Dystric Planosols
PLeu	Eutric Planosols
PLiv	Luvic Planosols
PLmo	Mollic Planosols
PLsl	Dystric Planosols (Siltic)
<b>Plinthosols</b>	
PTab	Albic Plinthosols
PTdy	Dystric Plinthosols
PThu	Dystric Plinthosols (Humic)

PTnv	Dystric Plinthosols (Novic)
PTpx	Pisoplinthic Plinthosols
PTst	Stagnic Plinthosols
<b>Podzols</b>	
PZab	Albic Podzols
PZcb	Carbic Podzols
PZgl	Gleyic Entic Podzols
PZha	Entic Podzols
<b>Regosols</b>	
RGad	Eutric Regosols (Aridic)
RGar	Dystric Regosols (Arenic)
RGca	Calcaric Regosols
RGdy	Dystric Regosols
RGel	Epileptic Regosols
RGeu	Eutric Regosols
RGge	Dystric Regosols (Gelic)
RGha	Regosols no diferenciados
RGhu	Dystric Regosols (Humic)
RGle	Leptic Regosols
RGsk	Skeletal Regosols
RGso	Eutric Regosols (Sodic)
<b>Solonchaks</b>	
SCad	Haplic Solonchaks (Aridic)
SCcc	Calcic Solonchaks
SCgl	Gleyic Solonchaks
SCgy	Gypsic Solonchaks
SCha	Haplic Solonchaks
SCso	Sodic Solonchaks
SCvr	Haplic Solonchaks (Vertic)
<b>Solonetz</b>	
SNad	Haplic Solonetz (Aridic)
SNcc	Calcic Solonetz
SNgl	Gleyic Solonetz
SNha	Haplic Solonetz
SNhu	Haplic Solonetz (Humic)
SNmo	Mollic Solonetz
SNpc	Petrocalcic Solonetz
SNst	Stagnic Solonetz
SNvr	Haplic Solonetz (Vertic)
<b>Stagnosols</b>	
STha	Stagnosols no diferenciados
STpl	Albic Stagnosols (Plinthic)
<b>Technosols</b>	
TCek	Ekranic Technosols
<b>Umbrisols</b>	
UMhd	Haplic Umbrisols (Hyperdystric)
UMhu	Haplic Umbrisols (Humic)
UMle	Leptic Umbrisols
UMne	Haplic Umbrisols (Endoeutric)

<b>Vertisols</b>	
VRca	Haplic Vertisols (Calcaric)
VRcc	Calcic Vertisols
VRcr	Chromic Vertisols
VRre	Haplic Vertisols (Epieutric)
VRre	Haplic Vertisols (Eutric)
VRgl	Haplic Vertisols (Gleyic)
VRgy	Gypsic Vertisols
VRha	Haplic Vertisols
VRhu	Haplic Vertisols (Humic)
VRnl	Haplic Vertisols (Endoleptic)
VRnv	Haplic Vertisols (Novic)
VRpd	Haplic Vertisols (Duric)
VRpe	Pellic Vertisols
VRso	Sodic Vertisols
VRst	Haplic Vertisols (Stagnic)
VRsz	Salic Vertisols

<b>Miscelánea</b>	
Áreas Urbanas	
BR	Rocas
CA	Cuerpos de agua
GC	Glaciares
	Ningún dato

(\*Leptic Regosols (Arenic))

### Información adicional para los elementos de la WRB



Consultar las páginas 44 y 45 para obtener más información sobre la nomenclatura y los calificadores del sistema WRB.

#### EUTRIC, DYSTRIC Y HAPLIC

- **Eutric (éutrico):** tiene una saturación de bases del 50% o más en la entre 20 y 100 cm de profundidad (es decir, tiende a la acidez).
- **Dystric (dístrico):** tiene una saturación de bases menor del 50%, entre 20 y 100 cm de profundidad (es decir, tiende a la alcalinidad).
- **Haplic (háptico):** sólo se usa si no se aplica ninguno de los calificadores previos.

#### PREFIJOS

Los siguientes prefijos se pueden utilizar para indicar la profundidad de ocurrencia o para expresar la intensidad de determinadas características del suelo. Siempre se añaden al principio y se combinan con otros elementos en una sola palabra (p. ej.: Endoskeletal).

**Endo** – característica que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epi** – característica que comienza dentro de los primeros 50 cm de la superficie del suelo.

**Hyper** – tiene una fuerte expresión de la característica en cuestión.

**Hypo** – tiene una débil expresión de la característica en cuestión.

**Petro** – tras una capa fuertemente cementada o endurecida que comienza dentro de los 100 cm de la superficie. La segunda parte del nombre describirá la composición dominante de la capa cementada (p. ej., Petrocalcic = carbonato de calcio).

**Piso** – más del 40% del horizonte consiste en nódulos endurecidos de plintita.

Debido al mapeo de los distintos datos nacionales, la representación de las áreas urbanas puede variar de un mapa a otro.

## Para qué sirve la leyenda de un mapa

La leyenda explica los símbolos cartográficos utilizados en un mapa y sirve para comprender su contenido. Consiste típicamente en un símbolo, o una serie de ellos, con colores o tonos específicos que se repiten de una manera regular.

## Elaboración de la leyenda

Las leyendas de los mapas de suelos que aparecen en este atlas están basadas en dos documentos. El primero es la versión de 2006 de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo [44] (WRB, por sus siglas en inglés), utilizada para definir los Grupos de Suelos de Referencia (GSR o RSGs, por sus siglas en inglés) y sus calificadores. Sin embargo, la secuencia de calificadores que aparece en este documento está pensada para unidades de suelo individuales (pedones), pero no para mapas. Es por ello que en 2010 se publicó una guía para la elaboración de leyendas de mapas a pequeña escala usando la clasificación WRB ("Guidelines for constructing small-scale map legends using the WRB"). Según estas directrices, los calificadores se dividen, para cada GSR, en principales y opcionales. Los principales se encuentran ordenados por orden jerárquico (de importancia), mientras que los opcionales no siguen ningún orden y están listados por el alfabeto. Debido a la pequeña escala de nuestros mapas, para la mayoría de unidades de suelo sólo existe un calificador (el primer calificador principal correspondiente). En algunos casos aparece un segundo calificador, el cual procede bien de los principales (siguiendo el orden descendente en la lista) o bien de los opcionales. Este segundo calificador se presenta entre paréntesis detrás del nombre del GSR.

En esta página se presentan los GSR ordenados alfabéticamente. La división dentro de cada GSR también sigue este orden (es decir, los calificadores principales se encuentran por orden alfabético). En la página 110 se puede encontrar una breve explicación de las principales características del suelo.

El tipo de suelo más representativo en cada polígono está representado en este atlas en un color que se corresponde con un GSR específico de la clasificación WRB y un código de cuatro caracteres que indica sus características dominantes (ver página 46 para una descripción detallada de cada GSR). Por ejemplo, el recuadro azul con el código GLmo representa Mollic Gleysols en el mapa (suelos con agua subterránea cercana a la superficie y un horizonte superficial oscuro, rico en nutrientes y materia orgánica). Junto con el tipo de suelo dominante, en el mismo polígono, pueden existir otros (ocupando menor superficie), aunque no se encuentren representados en el mapa.

## Los mapas de suelos

La siguiente sección del Atlas contiene una serie de mapas que muestran la distribución regional de los Grupos de Suelos de Referencia de la WRB en LAC.

Como se ilustra en el diagrama (abajo), un mapa de suelos muestra las áreas donde las propiedades del suelo, de acuerdo con el sistema de clasificación utilizado, son similares. En este ejemplo, los tonos azules del mapa corresponden al perfil del suelo de la foto, mientras que las zonas rosas y marrones corresponden a otros tipos de suelos.

Un mapa de suelos es una expresión bidimensional de un objeto tridimensional, por lo que sólo queda representado el cambio espacial o geográfico en las propiedades del suelo.



## Generalización del mapa de suelos: el caso de México

En la elaboración de cartografía es muy común el proceso de generalización, que consiste en reducir la escala de un mapa y adaptar todos sus elementos a la nueva escala y/u objetivos del nuevo mapa que se va a realizar. El objetivo principal de este proceso es producir un mapa impreso de fácil interpretación a partir de una información base considerada demasiado densa para la escala de representación o el propósito del mapa.

La generalización puede ser **geométrica** (cuando se reduce el número de polígonos) o **temática** (cuando se reduce el número de clases). En la mayoría de los casos se combinan ambas.

En el caso de los mapas de suelo que se presentan en el Atlas, la generalización fue necesaria para los mapas de algunos países (realizados con escalas grandes), con el fin de incluirlos en el mapa general a escala 1:5.000.000. En las siguientes figuras se describe el proceso de generalización hecho para México, con el fin de integrar el mapa nacional (escala 1:250.000) en el mapa de SOTERLAC.



**Arriba:** aspecto de los polígonos originales a escala 1:250.000 en el ambiente SOTERLAC. (JRC)  
**Abajo:** aspecto de los vectores generalizados a escala 1:3.000.000 (más próxima a 1:5.000.000) para la futura integración en el mapa SOTERLAC. (JRC)

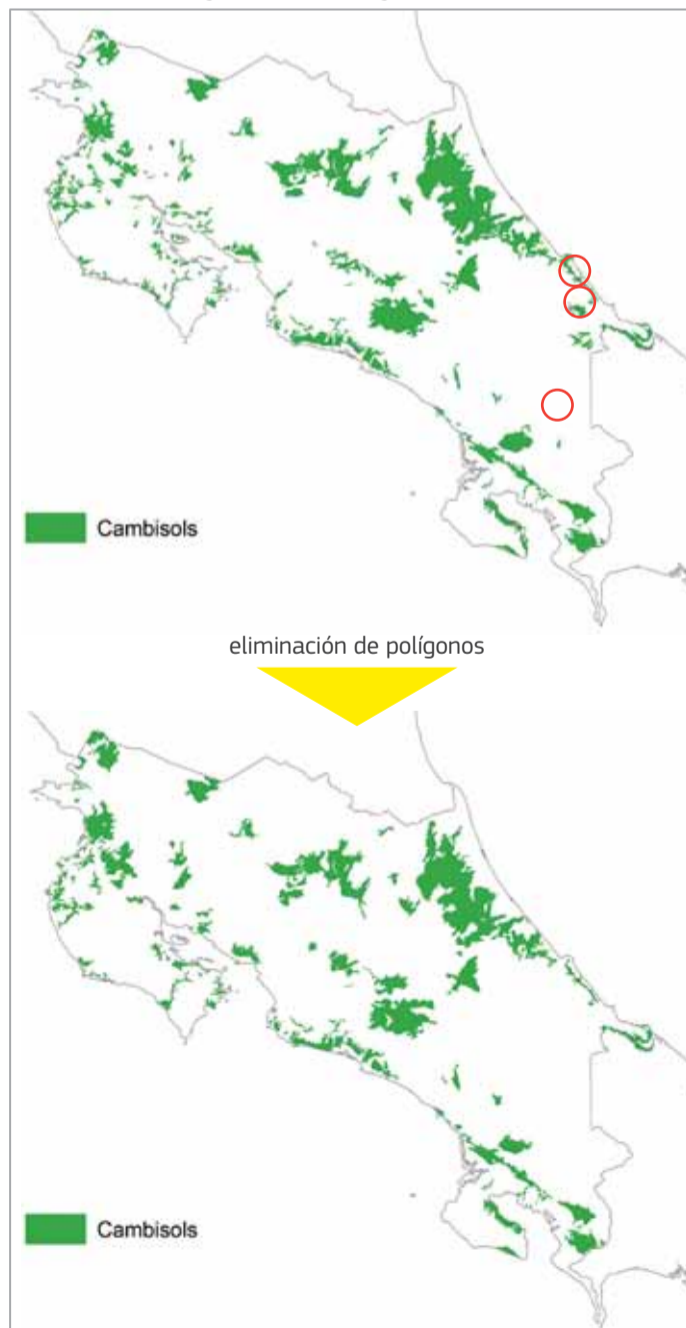


**Arriba:** detalle del proceso de generalización. (JRC)



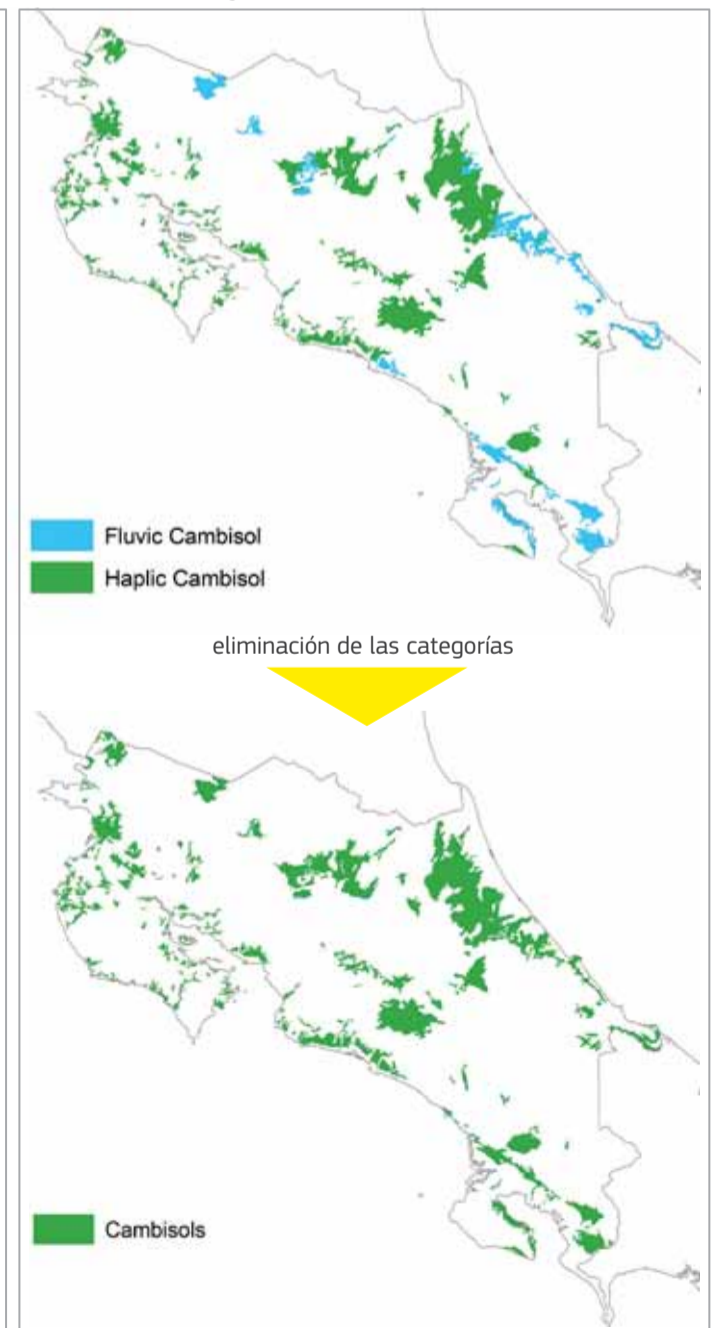
**mapas originales**

### generalización geométrica



eliminación de polígonos

### generalización temática

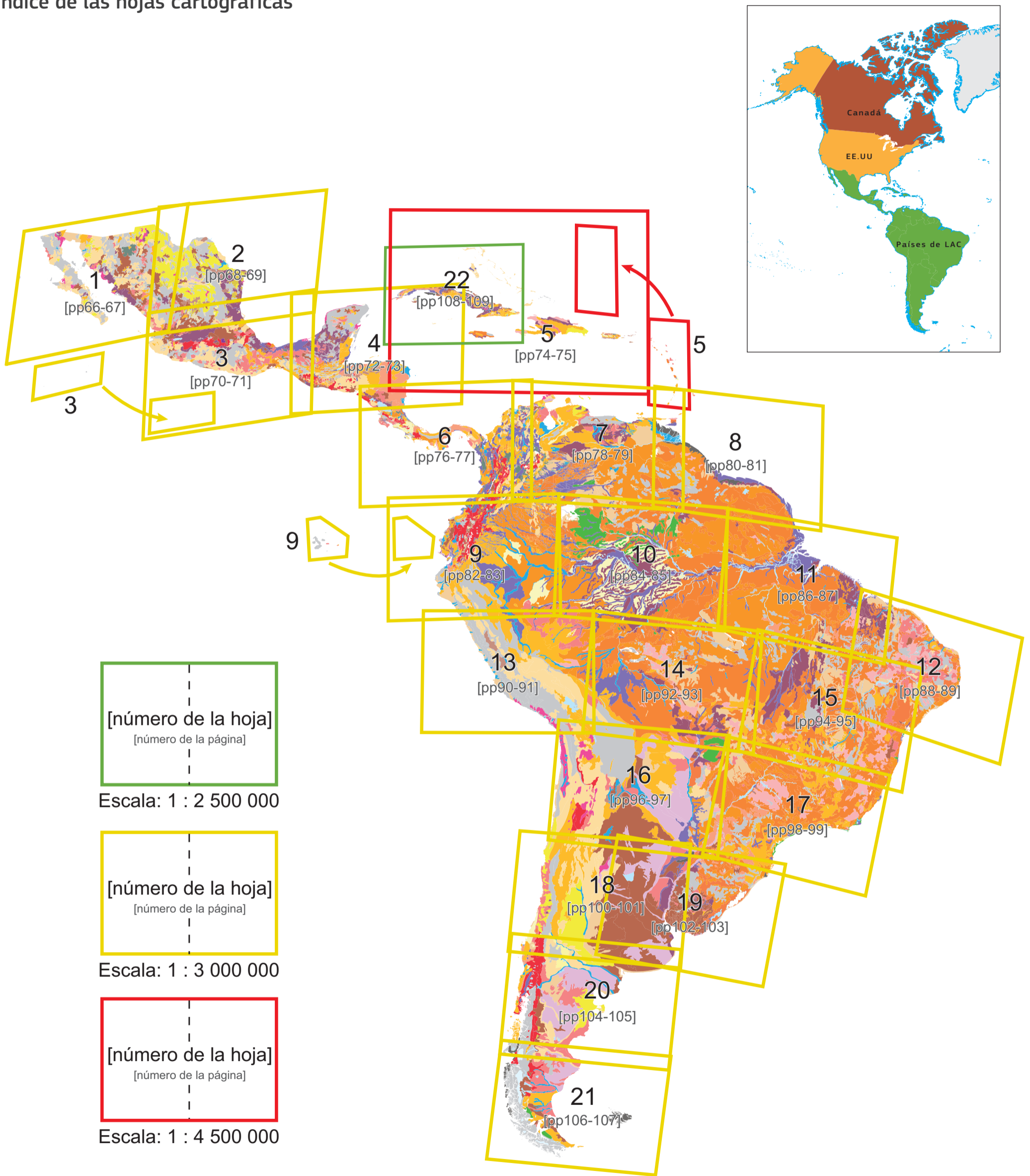


eliminación de las categorías

### Proceso de generalización.

A la izquierda, de arriba abajo, proceso de generalización geométrica. Se puede observar cómo algunos polígonos pequeños desaparecen al generalizar. (JRC)  
A la derecha, de arriba abajo, proceso de generalización temática. De dos clases se pasa a una, al considerar todo el conjunto de Cambisols. (JRC)

# Índice de las hojas cartográficas



## Los principales tipos de suelos en América Latina y el Caribe

Los mapas que aparecen a continuación corresponden a la actualización de la versión 2.0 de SOTERLAC. Se han integrado los mapas a nivel nacional realizados por algunos países de LAC. Los países que han contribuido con sus propios mapas son los siguientes: México, Cuba, Puerto Rico, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil y Uruguay.

En el mapa se observa la disposición zonal de los suelos en América Latina y la región del Caribe. En la parte central del continente, correspondiente al trópico húmedo, dominan los Ferralsols (marrón anaranjado) y los Acrisols (naranja). Estos suelos son también los más representativos de todo el continente. En esta región, estos dos tipos de suelos dominantes se encuentran asociados a Plinthosols (marrón oscuro), Gleysols, Alisols y Podzols.

Las regiones desérticas en México, Venezuela, Perú y Chile están dominadas por Calcisols (amarillo brillante), Leptosols (suelos poco profundos, en gris), Regosols (rosa pálido), Arenosols (marrón amarillo), Gypsisols (amarillo pálido) y Solonchacks (fucsia). El color púrpura designa la ubicación de los Vertisols, los cuales se sitúan predominantemente en América Central (México principalmente), la zona del Caribe, Venezuela y Colombia. Por otro lado, en rojo se ilustra la distribución de las áreas en las que predominan los Andosols, en su mayoría relacionados con los volcanes de América Central y de la cadena Andina.

En la región de las praderas templadas y sub-tropicales hay suelos de los grupos Phaeozem, Kastanozem, y Chernozem. Estos son muy fértiles y sobre ellos se desarrollan actividades agrícolas orientadas a la producción de cereales, soja y carne (ganadería).

En cuanto a los Nitisols (color salmón) de LAC, se encuentran en su mayoría en América Central y la región del Caribe (Cuba, principalmente). Por otro lado, los Solonetz están muy extendidos por Argentina, Paraguay y Bolivia. Por último, en las zonas urbanizadas y cercanas a las áreas de grandes explotaciones mineras, se pueden encontrar suelos altamente perturbados por la actividad humana, denominados Tecnosols.

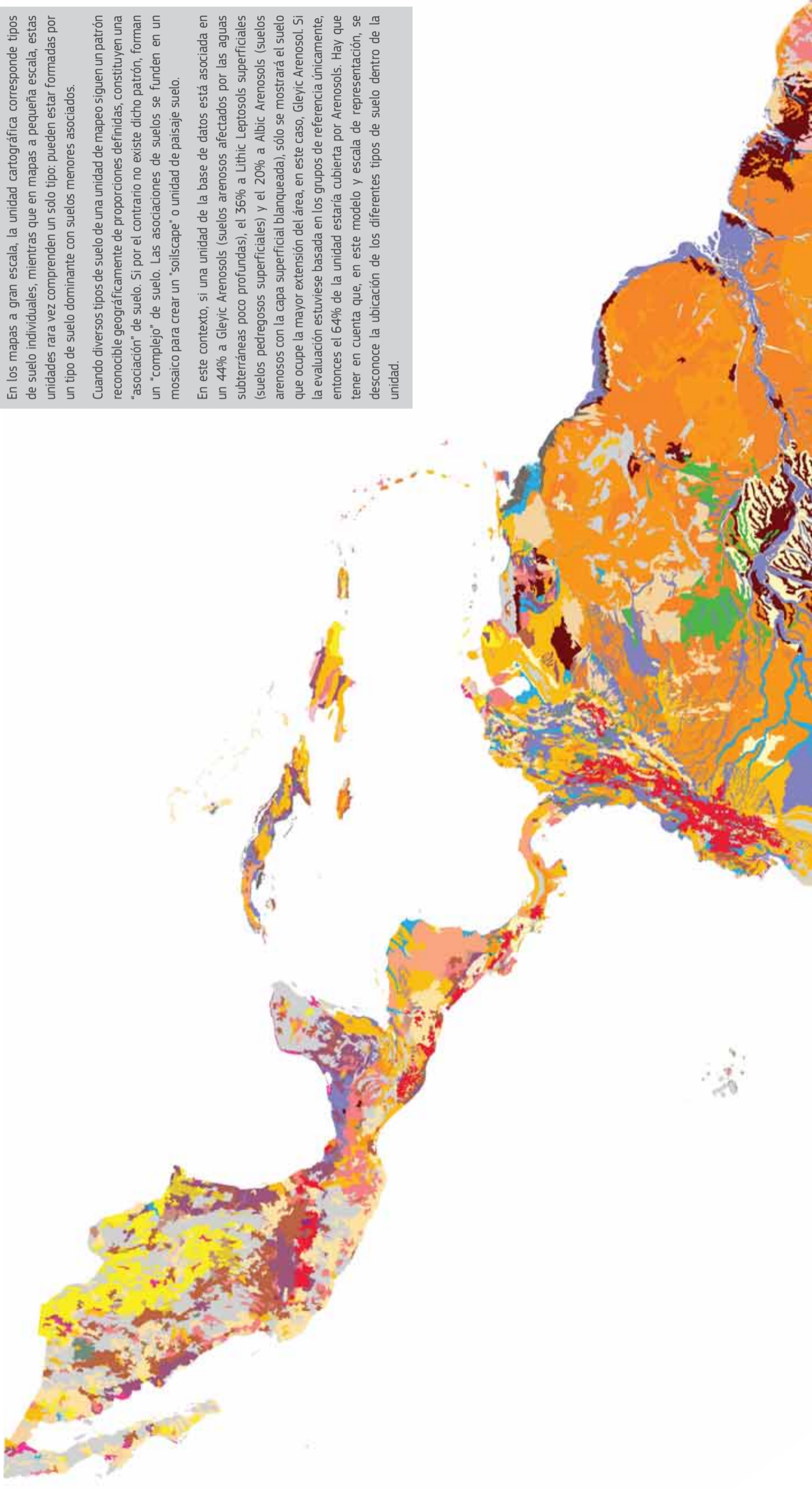
### Unidades cartográficas de suelos

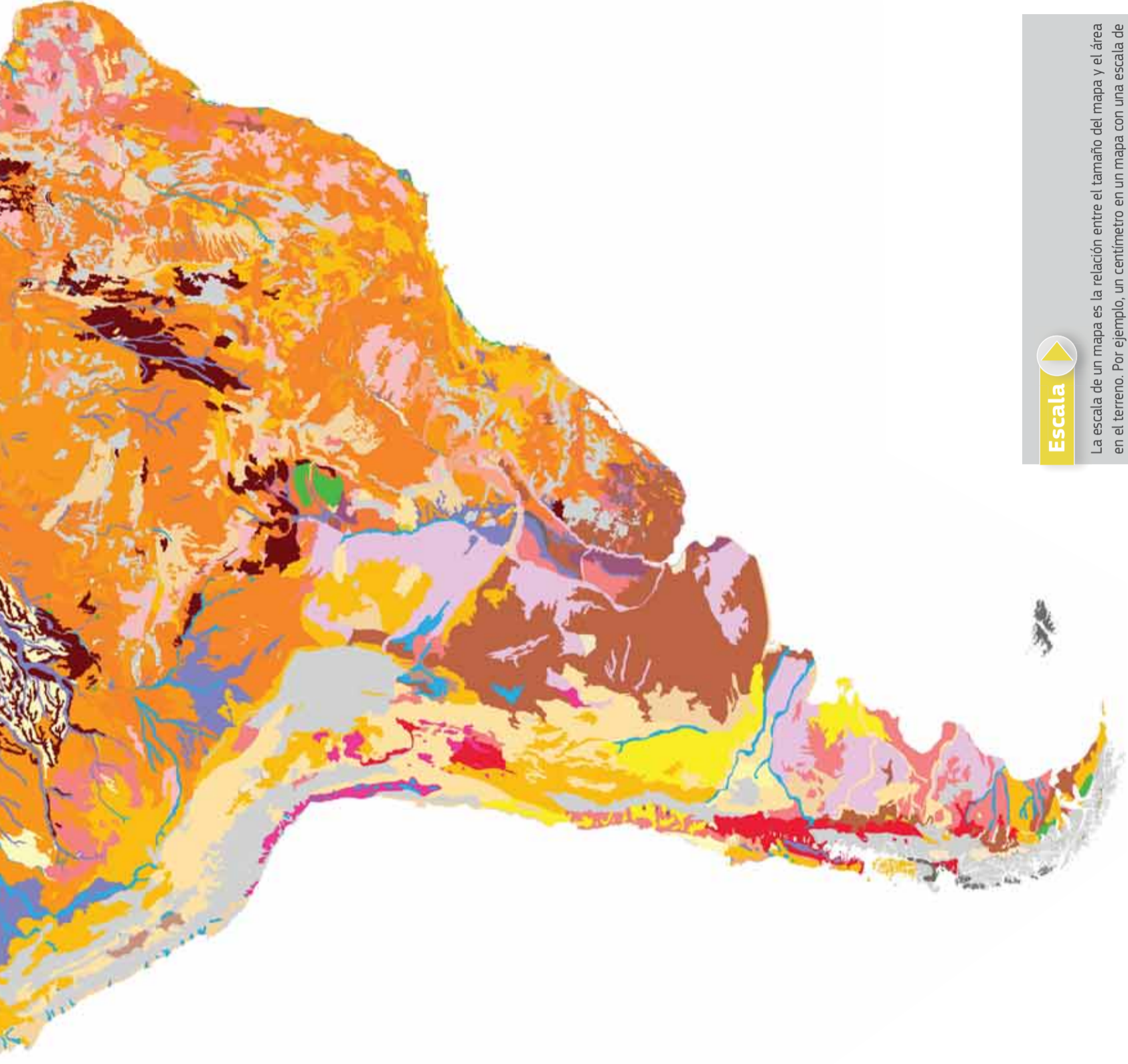
La unidad de mapeo o cartográfica es el componente geográfico básico en un mapa de suelos. Un tipo de suelo es un suelo específico con características definibles.
































En los mapas a gran escala, la unidad cartográfica corresponde tipos de suelo individuales, mientras que en mapas a pequeña escala, estas unidades rara vez comprenden un solo tipo: pueden estar formadas por un tipo de suelo dominante con suelos menores asociados.

Cuando diversos tipos de suelo de una unidad de mapeo siguen un patrón reconocible geográficamente de proporciones definidas, constituyen una "asociación" de suelo. Si por el contrario no existe dicho patrón, forman un "complejo" de suelo. Las asociaciones de suelos se funden en un mosaico para crear un "soilscape" o unidad de paisaje suelo.

En este contexto, si una unidad de la base de datos está asociada en un 44% a Gleyic Arenosols (suelos arenosos afectados por las aguas subterráneas poco profundas), el 36% a Lithic Leptosols superficiales (suelos pedregosos superficiales) y el 20% a Albic Arenosols (suelos arenosos con la capa superficial blanqueada), sólo se mostrará el suelo que ocupe la mayor extensión del área, en este caso, Gleyic Arenosol. Si la evaluación estuviere basada en los grupos de referencia únicamente, entonces el 64% de la unidad estaría cubierta por Arenosols. Hay que tener en cuenta que, en este modelo y escala de representación, se desconoce la ubicación de los diferentes tipos de suelo dentro de la unidad.





	<b>Acrisols</b>		<b>Lixisols</b>
	<b>Alisols</b>		<b>Luvisols</b>
	<b>Andosols</b>		<b>Nitisols</b>
	<b>Arenosols</b>		<b>Phaeozems</b>
	<b>Calcisols</b>		<b>Planosols</b>
	<b>Cambisols</b>		<b>Plinthosols</b>
	<b>Chernozems</b>		<b>Podzols</b>
	<b>Cryosols</b>		<b>Regosols</b>
	<b>Durisols</b>		<b>Solonchaks</b>
	<b>Ferralsols</b>		<b>Solonetz</b>
	<b>Fluvisols</b>		<b>Stagnosols</b>
	<b>Gleysols</b>		<b>Technosols</b>
	<b>Gypsisols</b>		<b>Umbrisols</b>
	<b>Histosols</b>		<b>Vertisols</b>
	<b>Kastanozems</b>		<b>Cuerpos de agua</b>
	<b>Leptosols</b>		

### Escala

La escala de un mapa es la relación entre el tamaño del mapa y el área en el terreno. Por ejemplo, un centímetro en un mapa con una escala de 1:100.000, equivale a 100.000 cm (1km) en la realidad.

Los mapas con suficiente detalle como para mostrar la ubicación de parcelas individuales de unas pocas hectáreas de tamaño tienen escalas de 1: 5.000 (1 cm : 50 m) a 1:25.000 (1 cm: 250 m) y son considerados como mapas a gran escala. A nivel regional o nacional, los mapas más apropiados son aquellos realizados a escalas medias, normalmente 1: 100.000 (1 cm: 1 km) o 1:500.000 (1 cm: 5 km).

La mayoría de los mapas mostrados en este atlas, con objeto de dar una perspectiva regional, se basan en mapas compilados a escalas menores de 1: 1.000.000 (1 cm: 10 km). Se consideran mapas a pequeña escala.



## El territorio de LAC: visión política y geológica



Políticamente, LAC está constituida por 33 estados que están plenamente reconocidos por las Naciones Unidas y por algunos territorios pertenecientes a otros estados (p. ej.: la Guayana francesa (Francia), Islas Caimán (Reino Unido)). De estos 33 estados, 20 se encuentran en el continente, mientras que 13 son naciones insulares. El área total de estos 33 estados es de 20.454.918 km<sup>2</sup>, con una población de 583.717.872 habitantes (sin tener en cuenta la Guayana francesa, que cuenta con 60.000 habitantes en 93.200 km<sup>2</sup>, ni otros pequeños territorios caribeños).

Brasil es, con mucho, el estado más grande (8.514.877 km<sup>2</sup>) y más poblado (190.732.694 habitantes), mientras que las Federaciones de San Cristóbal y Nieves representa el estado más pequeño (261 km<sup>2</sup>) y menos poblado, con sólo 38.950 personas repartidas en dos islas.

La población de la mayoría de los países de LAC está creciendo entre el 1 y el 3% por año. Guatemala es uno de los estados que muestra un mayor crecimiento (alrededor del 3%). No obstante, hay países cuya población decrece, como Cuba o Puerto Rico.

Desde un punto de vista geológico, LAC se asienta sobre las siguientes placas tectónicas: la Norteamericana (sobre la cual se encuentra México), la placa del Caribe (donde se encuentran la región del mar Caribe y parte de Centroamérica) y la placa Sudamericana (sobre la que se sitúa subcontinente del mismo nombre).

Estas placas son significativamente mayores que la masa de tierra continental visible (véase la imagen de la derecha). Las flechas rojas sobre el mapa indican la dirección actual del movimiento tectónico. La colisión de la placa de Nazca con la placa Sudamericana es la responsable de la formación de los Andes y de los volcanes de Sudamérica.

Con un fin divulgativo, la información sobre el suelo que se presenta en esta publicación abarca toda la masa terrestre continental de México, Centroamérica, región del Caribe y Sudamérica, así como todas las islas que pertenecen a los estados de LAC. Por ello se incluyen también algunas islas que pertenecen a otros estados (p. ej. Puerto Rico, "territorio no incorporado" de EE.UU.), situadas en las placas mencionadas anteriormente.



## LAC vista desde el espacio



Esta impactante imagen corresponde a América Latina vista desde el espacio. Esta perspectiva del continente, se ha obtenido gracias a decenas de imágenes menores, libres de nubosidad, obtenidos por el sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) de la NASA, entre junio y septiembre de 2001. El sensor MODIS viaja a bordo de un satélite que orbita la Tierra cada 1-2 días, a una altitud de 705 km y es un ejemplo de cómo los datos obtenidos mediante teledetección, tras su tratamiento por ordenador, pueden representarse como una imagen. En este caso, los colores de la imagen se corresponden casi por completo con la realidad, por lo que la imagen se asemeja a lo que se observaría desde el espacio.

Los tonos verdes corresponden a las áreas de vegetación: las selvas tropicales en la cuenca del Amazonas son fáciles de identificar, apareciendo de color verde oscuro. Se puede incluso apreciar el efecto de la deforestación, tanto en las zonas limítrofes como en el interior de la cuenca amazónica.

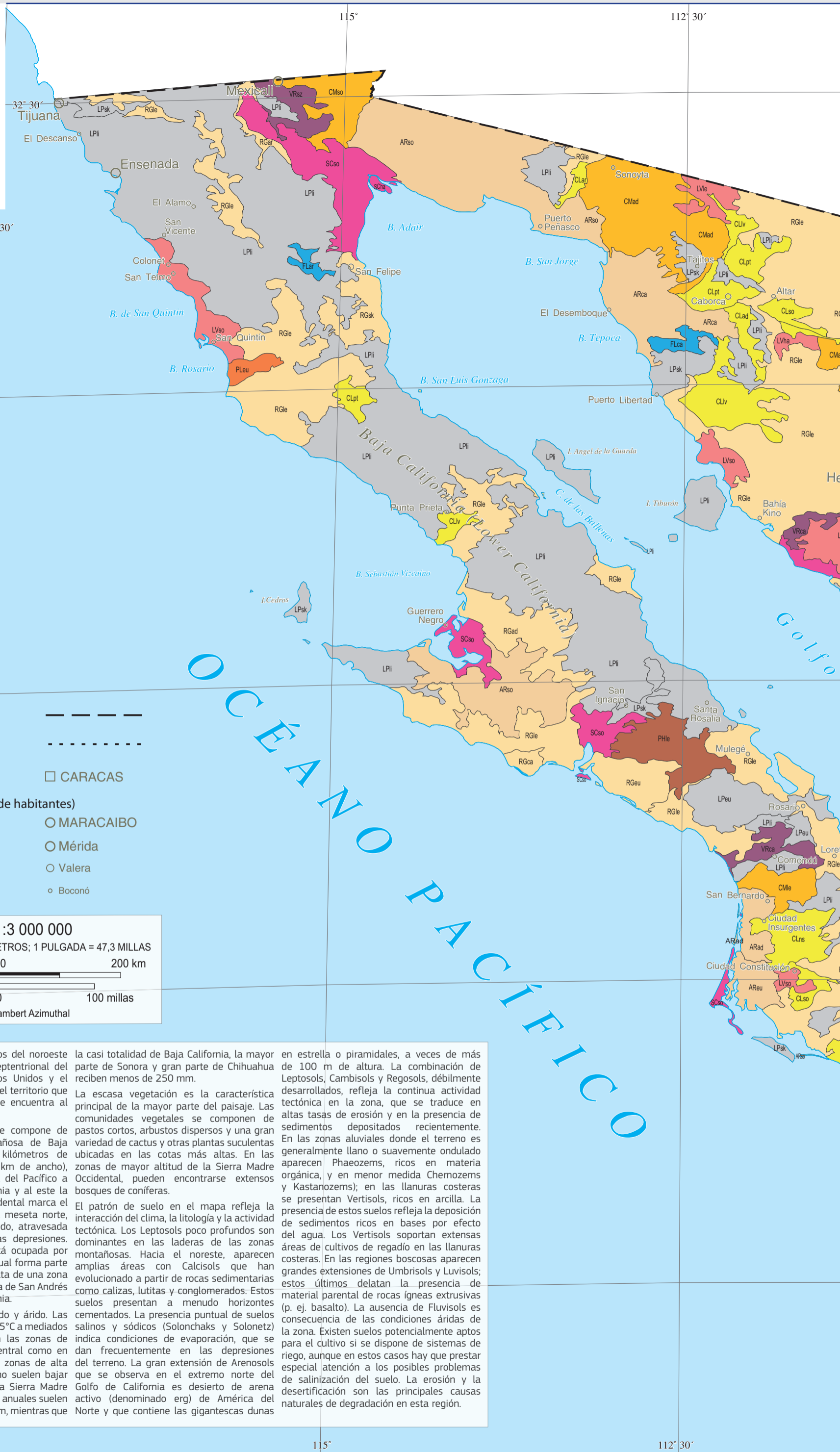
El cultivo intensivo, concentrado en la Pampa y algunas de las regiones del sudeste y el nordeste de Brasil, también es evidente en la imagen de satélite, presentándose en un color que va desde verde a marrón claro.

Las zonas áridas y de las cumbres de los Andes están desprovistas de vegetación o con vegetación pobre y se muestran con colores que van del blanco al marrón claro.

Se pueden apreciar los ríos Amazonas y Río de la Plata, junto con sus afluentes; lo que más destaca son sus desembocaduras.

Los tonos más claros de azul en las Bahamas indican aguas muy poco profundas.

La porción de tierra de forma más o menos triangular que aparece en la parte de abajo del mapa es la península antártica, la parte más septentrional de la Antártida. Tierra del Fuego, el extremo meridional de América del Sur, se encuentra a tan sólo unos 1.000 km, separada de ésta por el paso Drake. (NASA/JRC)



- Frontera internacional
- Frontera disputada
- Capital nacional  CARACAS
- Localidad (por número de habitantes)
- 200.000+  MARACAIBO
- 100.000 – 200.000  Mérida
- 25.000 – 100.000  Valera
- 1 – 25.000  Boconó

**ESCALA 1:3 000 000**

1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km

0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

Este mapa muestra los suelos del noroeste de México, la región más septentrional del atlas, que limita con Estados Unidos y el océano Pacífico. La mayoría del territorio que se muestra en este mapa se encuentra al norte del trópico de Cáncer.

El paisaje de esta región se compone de la península árida y montañosa de Baja California (más de 1.300 kilómetros de largo y como máximo 150 km de ancho), las tierras bajas de la costa del Pacífico a lo largo del Golfo de California y al este la escarpada Sierra Madre Occidental marca el borde occidental de la vasta meseta norte, una extensión de terreno árido, atravesada por montañas y con algunas depresiones. Parte del área del mapa está ocupada por el Gran Desierto de Altar, el cual forma parte del desierto de Sonora. Se trata de una zona tectónicamente activa. La falla de San Andrés atraviesa del Golfo de California.

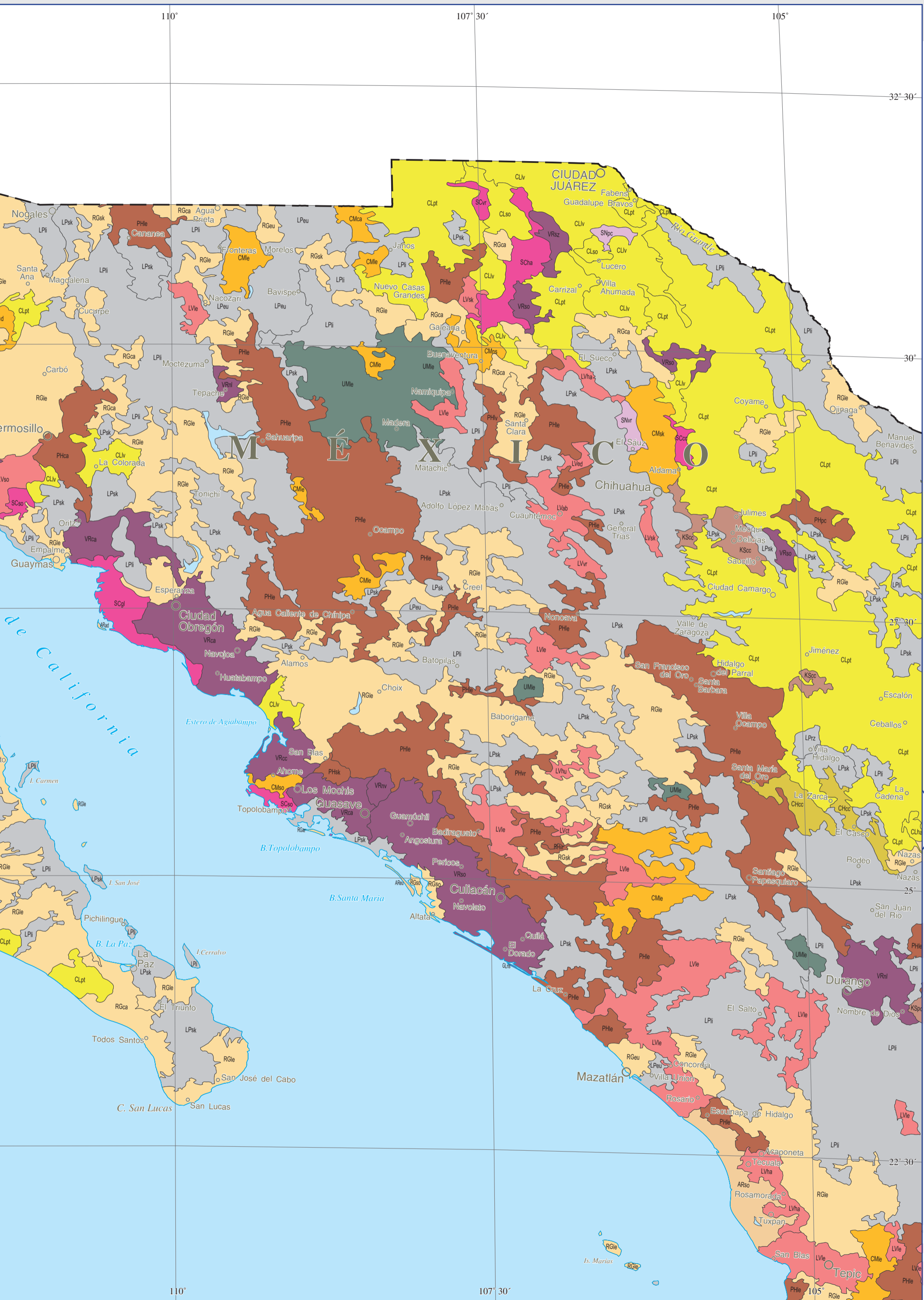
El clima de la región es cálido y árido. Las temperaturas por encima de 45°C a mediados del verano son comunes en las zonas de desierto, tanto en el área central como en Baja California. Fuera de las zonas de alta montaña, las temperaturas no suelen bajar de los 0°C. A excepción de la Sierra Madre Occidental, las precipitaciones anuales suelen estar por debajo de los 500 mm, mientras que

la casi totalidad de Baja California, la mayor parte de Sonora y gran parte de Chihuahua reciben menos de 250 mm.

La escasa vegetación es la característica principal de la mayor parte del paisaje. Las comunidades vegetales se componen de pastos cortos, arbustos dispersos y una gran variedad de cactus y otras plantas suculentas ubicadas en las cotas más altas. En las zonas de mayor altitud de la Sierra Madre Occidental, pueden encontrarse extensos bosques de coníferas.

El patrón de suelo en el mapa refleja la interacción del clima, la litología y la actividad tectónica. Los Leptosols y Regosols, débilmente desarrollados, refleja la continua actividad tectónica en la zona, que se traduce en altas tasas de erosión y en la presencia de sedimentos depositados recientemente. En las zonas aluviales donde el terreno es generalmente llano o suavemente ondulado aparecen Phaeozems, ricos en materia orgánica, y en menor medida Chemozems y Kastanozems); en las llanuras costeras se presentan Vertisols, ricos en arcilla. La presencia de estos suelos refleja la deposición de sedimentos ricos en bases por efecto del agua. Los Vertisols soportan extensas áreas de cultivos de regadío en las llanuras costeras. En las regiones boscosas aparecen grandes extensiones de Umbrisols y Luvisols; estos últimos delatan la presencia de material parental de rocas ígneas extrusivas (p. ej. basalto). La ausencia de Fluvisols es consecuencia de las condiciones áridas de la zona. Existen suelos potencialmente aptos para el cultivo si se dispone de sistemas de riego, aunque en estos casos hay que prestar especial atención a los posibles problemas de salinización del suelo. La erosión y la desertificación son las principales causas naturales de degradación en esta región.

en estrella o piramidales, a veces de más de 100 m de altura. La combinación de Leptosols, Cambisols y Regosols, débilmente desarrollados, refleja la continua actividad tectónica en la zona, que se traduce en altas tasas de erosión y en la presencia de sedimentos depositados recientemente. En las zonas aluviales donde el terreno es generalmente llano o suavemente ondulado aparecen Phaeozems, ricos en materia orgánica, y en menor medida Chemozems y Kastanozems); en las llanuras costeras se presentan Vertisols, ricos en arcilla. La presencia de estos suelos refleja la deposición de sedimentos ricos en bases por efecto del agua. Los Vertisols soportan extensas áreas de cultivos de regadío en las llanuras costeras. En las regiones boscosas aparecen grandes extensiones de Umbrisols y Luvisols; estos últimos delatan la presencia de material parental de rocas ígneas extrusivas (p. ej. basalto). La ausencia de Fluvisols es consecuencia de las condiciones áridas de la zona. Existen suelos potencialmente aptos para el cultivo si se dispone de sistemas de riego, aunque en estos casos hay que prestar especial atención a los posibles problemas de salinización del suelo. La erosión y la desertificación son las principales causas naturales de degradación en esta región.



89

105°

102° 30'

100°

32° 30'

Este mapa muestra el noreste de México y su frontera con Estados Unidos a lo largo del río Grande y el Golfo de México. La mayoría del territorio que se muestra en este mapa se encuentra al norte del trópico de Cáncer.

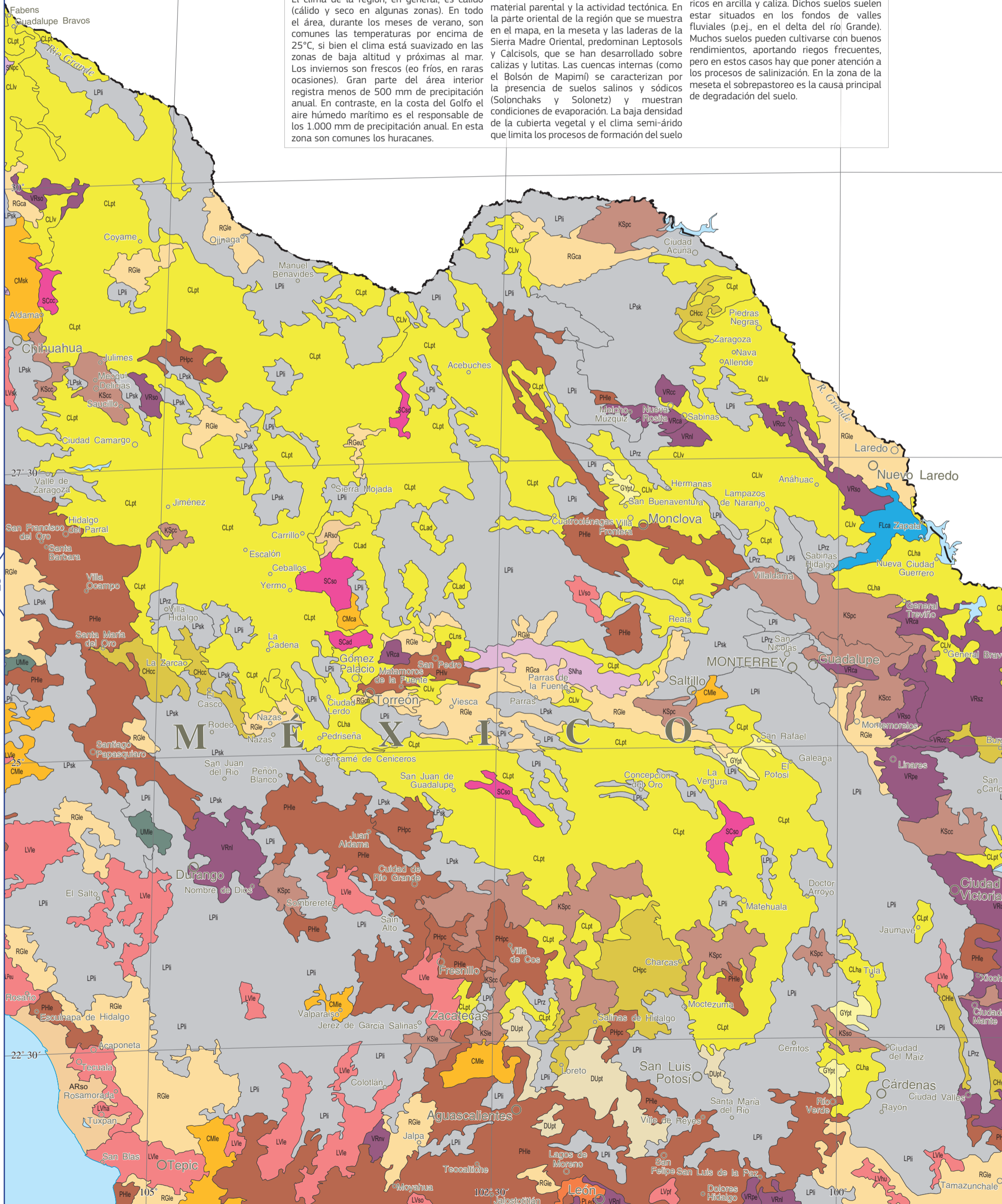
El paisaje de esta región está compuesto por las mesetas áridas del norte y las cadenas montañosas que las atraviesan, las llanuras y depresiones con enclaves salinos, la parte norte de la Sierra Madre Oriental y la llanura costera del Golfo, que se caracteriza por la presencia de lagunas y zonas pantanosas.

El clima de la región, en general, es cálido (cálido y seco en algunas zonas). En todo el área, durante los meses de verano, son comunes las temperaturas por encima de 25°C, si bien el clima está suavizado en las zonas de baja altitud y próximas al mar. Los inviernos son frescos (o fríos, en raras ocasiones). Gran parte del área interior registra menos de 500 mm de precipitación anual. En contraste, en la costa del Golfo el aire húmedo marítimo es el responsable de los 1.000 mm de precipitación anual. En esta zona son comunes los huracanes.

En cuanto a la vegetación, las zonas interiores se caracterizan por la presencia de matorrales xerófilos. Las comunidades vegetales se componen de pastos cortos, arbustos dispersos y una gran variedad de cactus y otras plantas suculentas. En la llanura costera del Golfo y en las laderas de las montañas adyacentes las tasas de precipitación anual son más altas y la vegetación es más abundante (p.ej. existen más bosques que en zonas del interior).

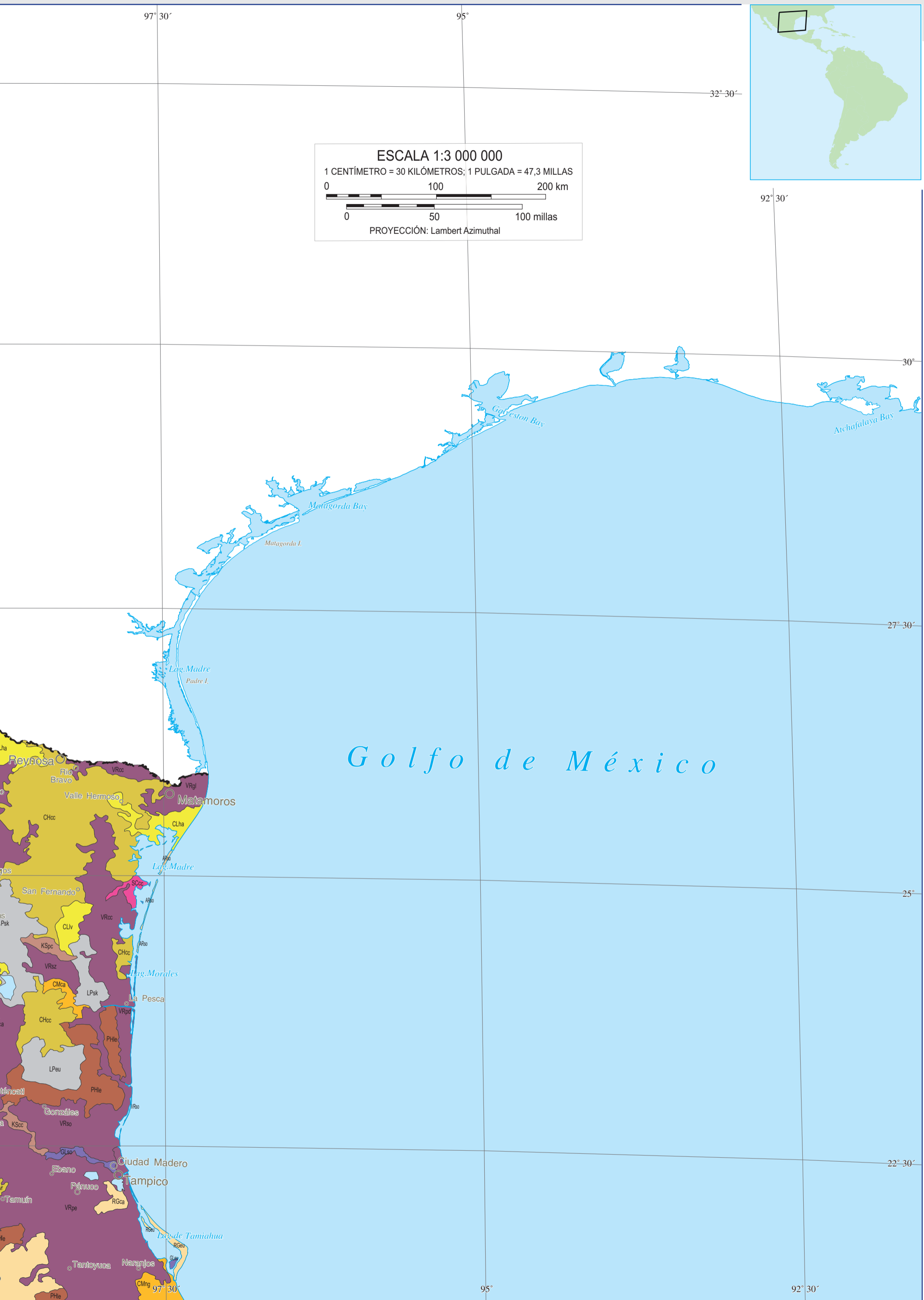
El patrón de distribución de los distintos tipos de suelo refleja la interacción del clima, el material parental y la actividad tectónica. En la parte oriental de la región que se muestra en el mapa, en la meseta y las laderas de la Sierra Madre Oriental, predominan Leptosols y Calcisols, que se han desarrollado sobre calizas y lutitas. Las cuencas internas (como el Bolsón de Mapimi) se caracterizan por la presencia de suelos salinos y sódicos (Solonchaks y Solonetz) y muestran condiciones de evaporación. La baja densidad de la cubierta vegetal y el clima semi-árido que limita los procesos de formación del suelo

refleja la presencia de Cambisols y Regosols débilmente desarrollados. La presencia de Durisols (ricos en sílice) y Gypsisols en las zonas del sur denota condiciones más áridas. En las zonas aluviales donde el terreno es llano o suavemente ondulado se desarrollan Phaeozems (y en menor medida Chernozems y Kastanozems), sobre los que se ubican extensas áreas de cultivos de regadío. A lo largo de la costa del Golfo, las condiciones pantanosas son la causa del desarrollo generalizado de Vertisols pesados (ver página 14 para la definición de "suelo pesado"), ricos en arcilla y caliza. Dichos suelos suelen estar situados en los fondos de valles fluviales (p.ej. en el delta del río Grande). Muchos suelos pueden cultivarse con buenos rendimientos, aportando riegos frecuentes, pero en estos casos hay que poner atención a los procesos de salinización. En la zona de la meseta el sobrepastoreo es la causa principal de degradación del suelo.



67

70



ESCALA 1:3 000 000  
1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS  
0 100 200 km  
0 50 100 millas  
PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

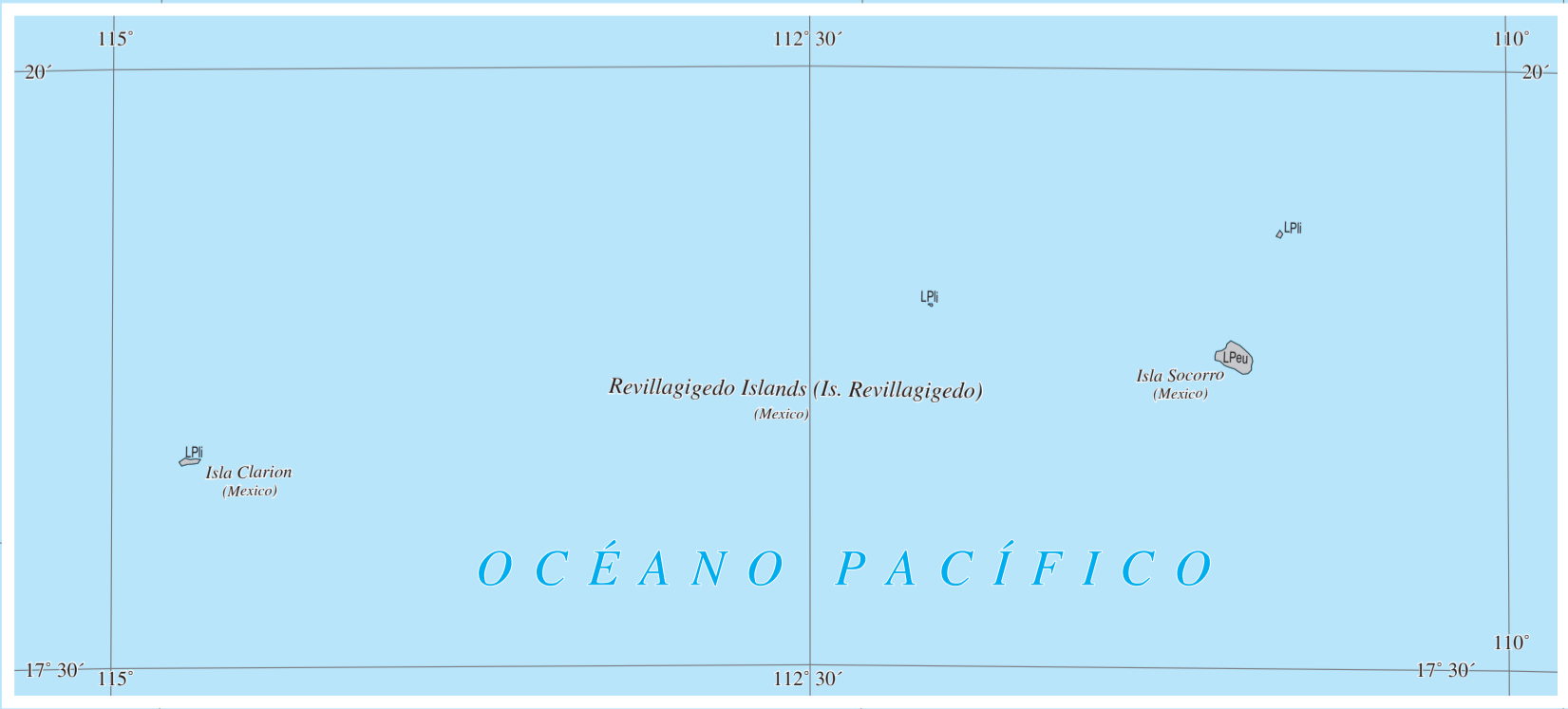


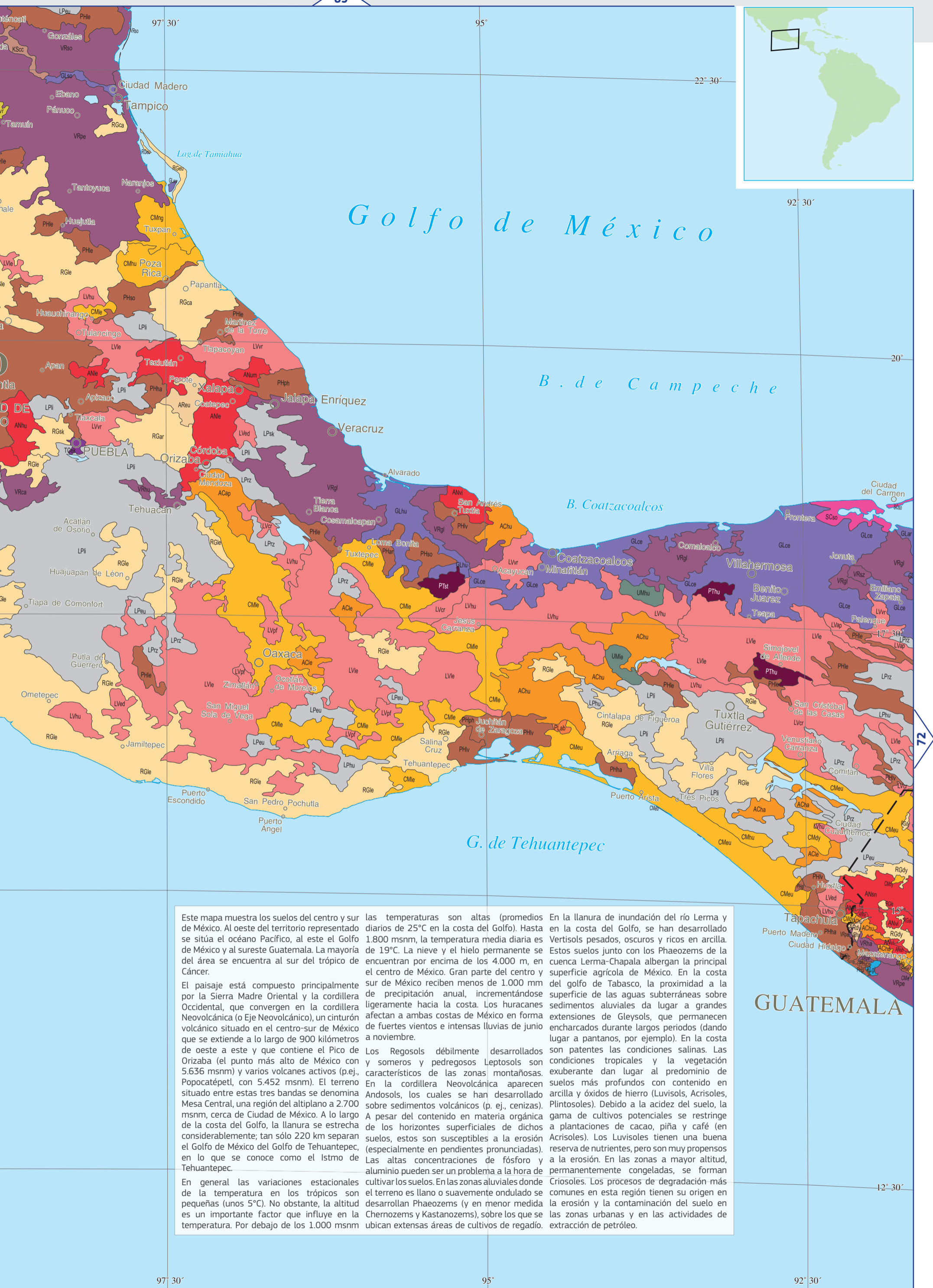


**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km  
 0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal









71



CUBA

Mar Caribe

Antillas Mayores

C. San Antonio

Yucatán

Nueva Gerona  
I. de la Juventud

Arch. de los Canarreos

Arch. de los Jardines de la Reina

G. de Ana Maria

George Town  
Cayman Is.  
(U.K.)

Este mapa muestra los suelos del sur de México, Belice, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Cuba (ver Hoja 22). El territorio mostrado limita con el océano Pacífico al oeste y el mar Caribe al este. El elemento más destacado de este mapa es la península de Yucatán, que separa el Golfo de México del mar Caribe.

En esta región el paisaje es muy contrastante. La mayor parte del terreno oriental de la hoja es plana o ligeramente ondulada. Abundan las zonas bajas y pantanosas. Por otro lado, hacia la costa del Pacífico, el relieve está formado por altas montañas. Existen varios conos volcánicos en el sur de Guatemala (más de 4.000 msnm). La mayoría de los países cuentan con volcanes activos. Entre las cadenas montañosas centrales y el océano Pacífico se sitúa una estrecha llanura costera fértil. El Gran Lago de Nicaragua (o lago Cocibolca) es un lago de agua dulce situado en Nicaragua y el más grande de Centroamérica.

En general, el clima en la región varía de subtropical a tropical, de fuerte a moderadamente húmedo, con abundantes precipitaciones (con estacionalidad pronunciada) y altas temperaturas (con algunas variaciones estacionales). Las bajas cotas y la proximidad a la costa modifican estas condiciones. Por ejemplo, el clima del norte de Yucatán es cálido (la temperatura diaria se sitúa entre 24 y 38°C) y seco (<500 mm de precipitación anual), mientras que hacia el sur, las precipitaciones superan los 2.000 mm y las temperaturas son moderadas debido a los vientos marítimos. En Belice y Guatemala, las temperaturas medias mensuales, por debajo de los 1.000 msnm, están generalmente entre 21 y 27°C. Sin embargo, descienden de manera considerable al ganar altitud (temperaturas medias anuales de aproximadamente 14°C a unos 2.000 msnm). Hacia el sur (El Salvador, Honduras y Nicaragua) las temperaturas correspondientes a las mismas altitudes son más altas, debido a la proximidad al Ecuador. A lo largo de la costa del Caribe, los niveles anuales de precipitación son altos y constantes (2.000-4.000 mm), especialmente en las laderas orientadas al norte y al este. Muchas regiones experimentan una marcada estación seca de invierno, pero por lo general la precipitación anual supera los 1.000 mm en la totalidad del territorio del mapa (con un aumento general en las zonas altas). Las montañas de Guatemala frecuentemente registran más de 4.500 mm de precipitación anual. La precipitación anual en las tierras bajas del Pacífico es de 1.700 mm. De junio a noviembre, los huracanes pueden traer fuertes vientos y lluvias.

Las fuertes lluvias de la región hacen posible la existencia de extensos y densos bosques de frondosas perennes. Al ascender en altitud aparecen bosques mixtos. Por otro lado, en las cotas bajas, los árboles dan paso a praderas y matorrales mesófilos que se extienden por las cuencas interiores y los valles. Las llanuras costeras del Pacífico y las laderas de las montañas adyacentes generalmente presentan bosques tropicales caducifolios y sabanas. La vegetación de las zonas de pantanos cerca de la costa está formada por manglares y bosques de palmeras.

La península de Yucatán está casi enteramente compuesta por arrecifes y rocas calizas porosas que dan lugar a extensos Leptosols, poco profundos, pedregosos y secos. Hacia el sur, en las llanuras de inundación de los valles amplios y poco profundos se desarrollan Vertisols. A lo largo de la costa del Caribe, los antiguos sedimentos marinos y la proximidad de las aguas subterráneas a la superficie en zonas de sedimentos aluviales mal drenadas dan lugar a Solonchaks (suelos salinos) y Gleysols (suelos pantanosos). Las zonas bajas de Honduras y Nicaragua están dominadas por Nitisols, que se caracterizan por la alta concentración de óxidos de hierro. En las tierras altas se desarrollan fértiles Andosols sobre eyecciones volcánicas (p.ej. lava y ceniza), junto con Cambisols y Regosols (suelos relativamente jóvenes) débilmente desarrollados. Los sedimentos ricos en nutrientes bajo praderas permanentes en los valles de los ríos dan lugar a fértiles Phaeozems y Kastanozems o Fluvisoles, en caso de situarse sobre material fluvial estratificado. Por último, los Luvisols representan suelos profundos, ricos en arcilla, en las zonas donde se producen lluvias de manera constante.

La frontera abrupta entre Belice y Guatemala/México refleja las diferencias en las escalas de interpretación y mapeo entre los distintos países. Se está trabajando para resolver estas diferencias.

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km

0 50 100 millas

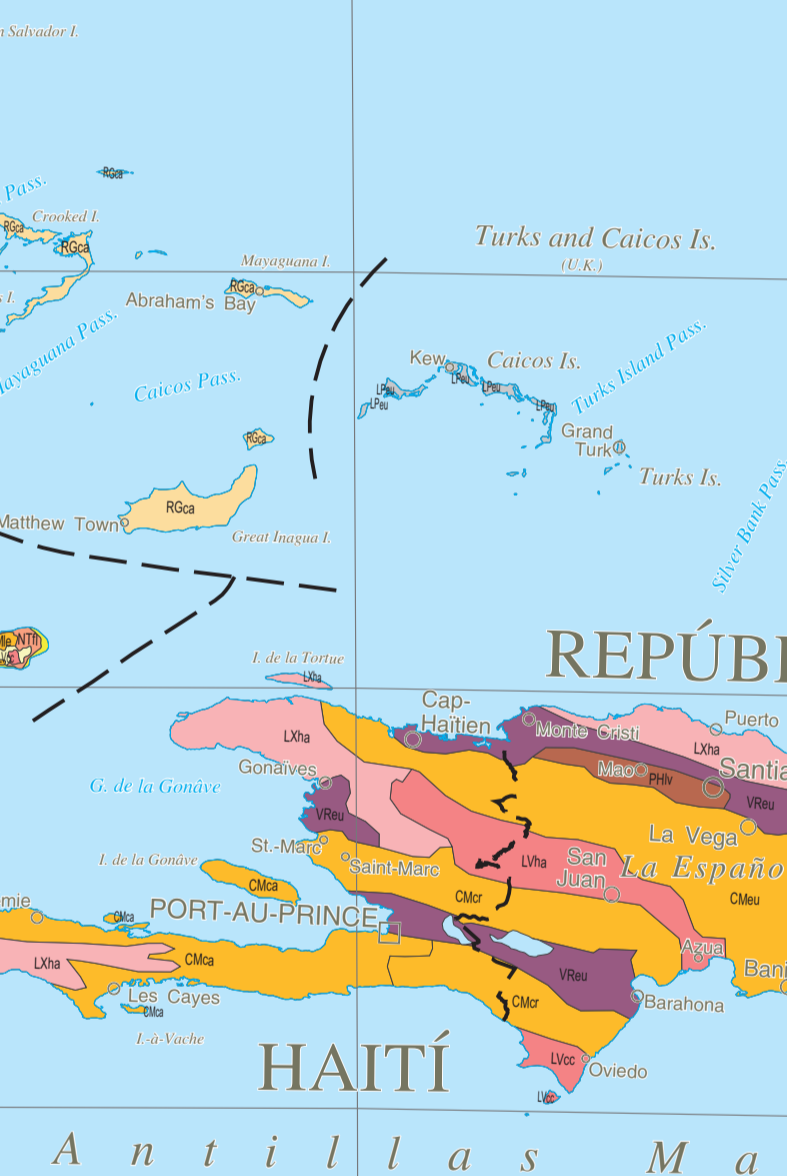
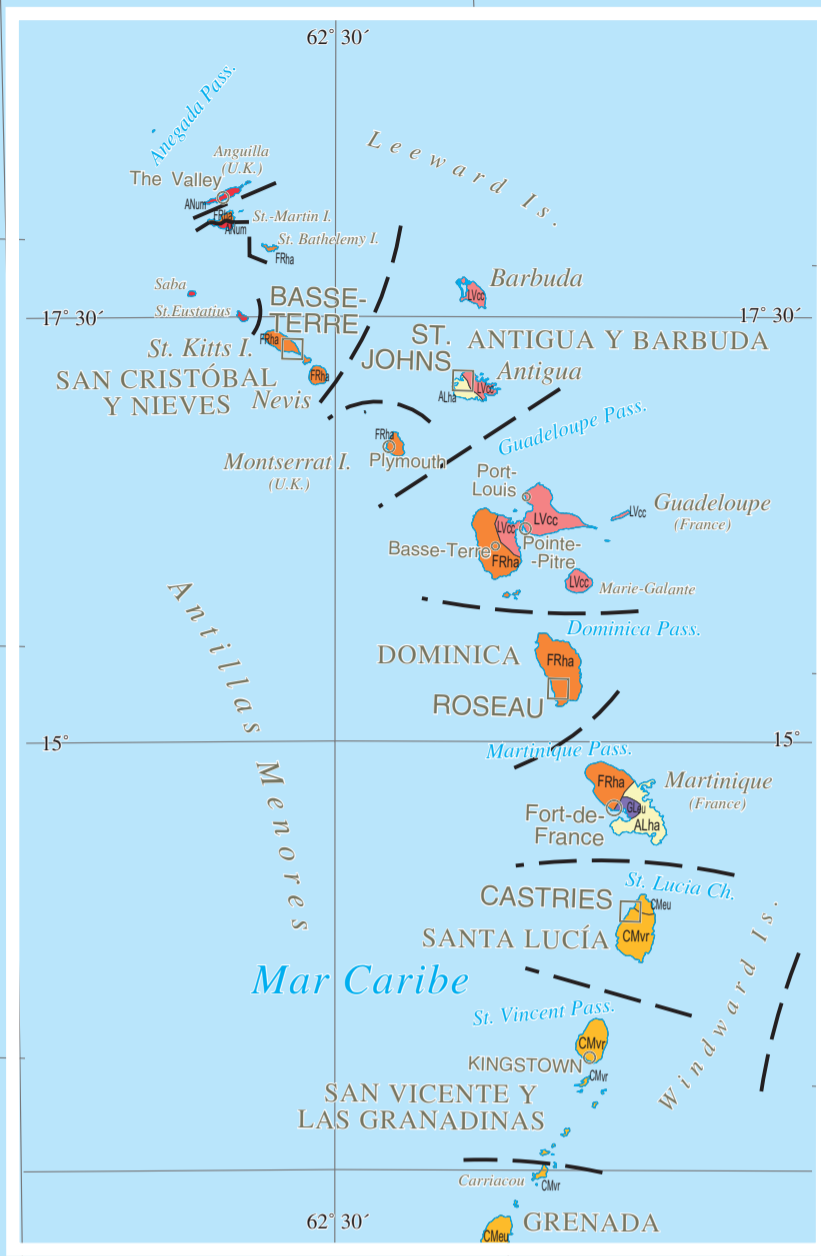
PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

NICARAGUA

MANAGUA



# ATLÁNTICO



## REPÚBLICA DOMINICANA

## HAÏTÍ

Este mapa muestra la distribución de los suelos de la mayor parte de las islas del Caribe (ver Hoja 22 para Cuba; ver Hoja 8 para el sur de las islas de Barlovento, Trinidad y Tobago). Situado predominantemente en la zona tropical, el mar Caribe forma parte del océano Atlántico y está delimitado al sur, por las costas de Colombia, Panamá y Venezuela; al oeste por Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua y la península de Yucatán; al norte por las Antillas Mayores (incluida Cuba, La Española, Jamaica y Puerto Rico); y al este por la cadena de las Antillas Menores (ver mapa del recuadro).

La región cuenta con más de 700 islas, con tendencia a formar arcos (especialmente las Antillas Menores), y se ubica casi en su totalidad sobre la placa del Caribe. Muchas de estas islas tienen un origen volcánico, por lo que se pueden encontrar volcanes en gran cantidad de éstas. También son comunes los terremotos. El paisaje es generalmente montañoso. No obstante, existen islas con relieves planos o de muy poca elevación, en su mayoría compuestas por piedra caliza, frecuentemente rodeadas por arrecifes de coral.

En general, el clima caribeño es de tropical a subtropical, muy influenciado por la altitud, las corrientes marinas y los vientos alisios. Las temperaturas medias diarias en la mayor parte del territorio son de unos 25°C, llegando

a superar los 30°C en los meses de verano. Las temperaturas en las regiones más protegidas pueden ser mucho más altas, mientras que las condiciones más frías se encuentran en las altas montañas de Haití y República Dominicana. La precipitación anual es de unos 1400 mm en la mayoría de las islas. Los niveles de precipitación aumentan hacia el este y al ascender en altitud. Muchas islas experimentan inviernos secos. Los vientos alisios del noreste dominan la región y las tormentas tropicales (huracanes) son comunes en el norte del Caribe de junio a noviembre.

La vegetación es muy diversa: desde bosques montanos siempreverdes en las zonas más húmedas hasta los bosques secos en las zonas bajas. Las comunidades vegetales de pantanos y marismas, incluidos los manglares, ocupan las zonas más bajas. Gran parte de la vegetación natural de estas áreas de baja elevación ha sido eliminada.

El patrón de suelo de las diferentes islas refleja la interacción entre el clima tropical, la topografía y la naturaleza volcánica, metamórfica o calcárea del material original subyacente. Las islas no volcánicas de las Bahamas se caracterizan por la presencia de Regosols débilmente desarrollados y Leptosols calcáreos. A nivel local, aparecen Gleysols donde se dan condiciones pantanosas. La formación del suelo sobre

piedra caliza y esquisto calcáreo en las otras islas da lugar a Leptosols y Calcisols (p. ej., Jamaica o República Dominicana). Los suelos aluviales de las llanuras costeras y valles, Vertisols y Luvisols, son profundos, ricos en arcilla y con frecuencia calcáreos. La intensa meteorización bajo los bosques tropicales da lugar a Ferralsols muy lixiviados, de textura gruesa y con tonos rojizos y amarillentos (p. ej., en Jamaica o las Antillas Menores). Los suelos superficiales de muchas zonas de montaña son susceptibles a la erosión, apareciendo así Cambisols débilmente desarrollados. Los Andosols, suelos desarrollados en sedimentos volcánicos, no son especialmente evidentes a la escala de este mapa, pero tienen cierta importancia a nivel local. Los Lixisoles se ubican en paisajes estables con una marcada estación seca. Dichos suelos se caracterizan por un subsuelo rico en arcilla y un pH relativamente alto. El bajo contenido en nutrientes y una alta erodabilidad hacen que no sean aptos para la agricultura. Por otro lado, los Alisols poseen características similares, aunque con un pH bajo (es decir, son más ácidos). Debido a la alta densidad de población en todo el Caribe, muchos suelos han sido sobreexplotados. En el caso de Haití, se estima que aproximadamente el 30% de los suelos se ha degradado de manera irreversible.



**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km  
 0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

# O C É A N O P A C Í F I C O

En este mapa se puede apreciar el estrecho istmo centroamericano, conocido como istmo de Panamá por el país en el que se encuentra. Limita con América del Sur y los suelos de Costa Rica, el oeste de Colombia, Panamá y el sur de Nicaragua. El Istmo de Panamá separa el océano Atlántico del océano Pacífico y es la parte más estrecha del continente americano (50 km de ancho en algunas zonas).

A excepción de la región noroeste del este de Nicaragua y Colombia, la mayor parte del terreno es montañoso y escarpado. Varias cumbres de la Cordillera Central superan los 3.000 msnm y muchos de ellos son volcanes aún activos. Al oeste de la cordillera, a medida que el terreno desciende hacia el Pacífico se va transformando en una llanura costera plana o suavemente ondulada. Toda la región es geológicamente activa; las erupciones volcánicas y los terremotos ocurren con frecuencia. El Lago de Nicaragua es el lago más grande de Centroamérica. Por otro lado, Costa Rica y Colombia son regiones con una gran biodiversidad.

Debido a la proximidad del Ecuador, el clima cálido y húmedo se vuelve cada vez más tropical. No obstante muchas zonas tienen una estación seca de diciembre a abril y una estación lluviosa de mayo a noviembre (durante este tiempo, puede llover de manera constante en algunas áreas). Existen por supuesto variaciones según la altitud, las precipitaciones o la topografía. La temperatura media anual en las tierras

bajas costeras del Caribe varía entre 24 y 38°C, bajando de 10°C en las cumbres de las montañas más altas. Las temperaturas en la costa del Pacífico son algo más bajas. Sin embargo, hay poca variación estacional. Las laderas de las montañas del Caribe y de la Cordillera Central de Costa Rica reciben la mayor cantidad de lluvia (más de 5.000 mm anuales en algunas zonas).

El clima tropical propicia el desarrollo de una gran cantidad de especies vegetales. Los bosques son el ecosistema más representado, en ocasiones interrumpidos por pastizales y matorrales, allí donde las precipitaciones son menos frecuentes. La deforestación es una amenaza constante en muchas regiones. Existen manglares en ambas costas, los cuales aparecen con mayor profusión en los deltas.

La característica edafológica dominante de este mapa es la dominancia de los Andosols, que se han desarrollado sobre cenizas volcánicas y lava, especialmente en las regiones montañosas de Costa Rica, Panamá y en la Cordillera Occidental de Colombia. En muchos lugares, los Andosols son excepcionalmente productivos para el cultivo del café. Por otro lado, los débilmente desarrollados Regosols y delgados Leptosols, se dan en granitos y rocas metamórficas. Ambos tipos representan los suelos jóvenes en las zonas montañosas. Las tierras bajas del este de Nicaragua están dominados por Nitisols, que se caracterizan por poseer altas

concentraciones de óxidos de hierro y arcillas. Dichos suelos son, en potencia, los más fértiles de la región tropical, debido a su alto contenido en nutrientes, su profundidad y su permeabilidad, son destinados con frecuencia para la agricultura. Ferralsols, Acrisols y Alisols representan suelos ácidos profundamente meteorizados, generalmente pobres en nutrientes. Estos tipos de suelo contienen altos niveles de óxidos de hierro y aluminio, lo que les confiere una color rojo o amarillo característico. Los Ferralsols tienen una granulometría gruesa y contienen caolinita, mientras que la característica principal de Acrisols y Alisols es la acumulación de arcilla en el subsuelo. Los primeros (Acrisols) se desarrollan sobre roca madre ácida, mientras que los segundos se forman a partir de rocas metamórficas. Los sistemas fluviales están representados por los Fluvisols; a lo largo de la costa, en los manglares, se ubican los Gleysols. Estos últimos (y en menor medida los Vertisols) en el oeste de Colombia, ocupan las extensas llanuras pantanosas de los ríos Atrato, Magdalena y Cauca. Dichas cuencas aluviales (algunas de ellas son antiguos lechos de lagos) están separadas por montañas con profundos Andosols, Cambisols y Regosols. Por último, los enclaves de Umbrisols representan los suelos con un horizonte superficial oscuro, ácido y rico en materia orgánica, que se desarrollan bajo los bosques en los climas fríos y húmedos (regiones montañosas).

*I. del Coco*  
(Costa Rica)

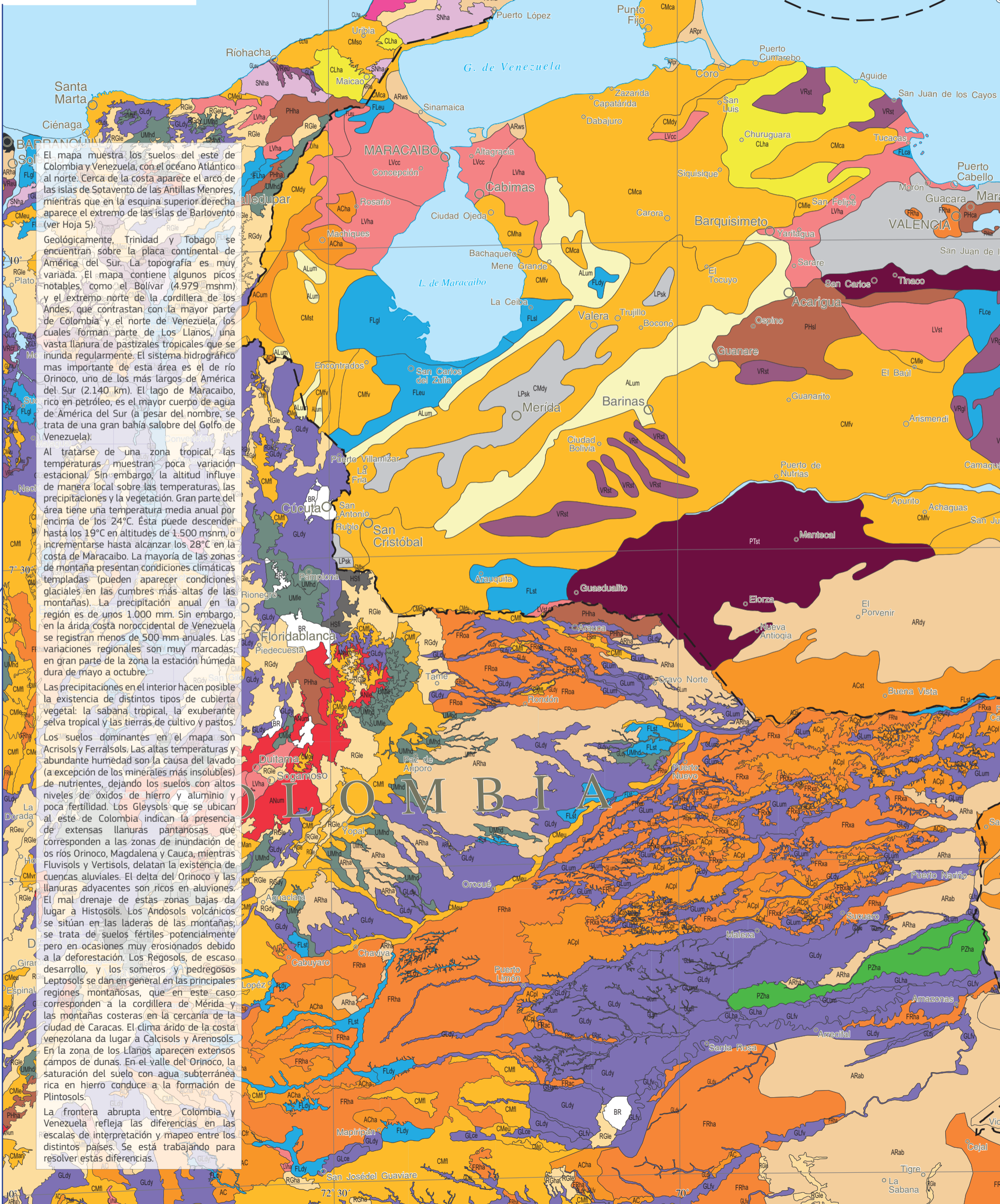
*I. de Malpelo*  
(Colombia)



Mar Caribe

PANAMÁ

COLOMBIA



El mapa muestra los suelos del este de Colombia y Venezuela, con el océano Atlántico al norte. Cerca de la costa aparece el arco de las islas de Sotavento de las Antillas Menores, mientras que en la esquina superior derecha aparece el extremo de las islas de Barlovento (ver Hoja 5).

Geológicamente, Trinidad y Tobago se encuentran sobre la placa continental de América del Sur. La topografía es muy variada. El mapa contiene algunos picos notables, como el Bolívar (4.979 msnm) y el extremo norte de la cordillera de los Andes, que contrastan con la mayor parte de Colombia y el norte de Venezuela, los cuales forman parte de Los Llanos, una vasta llanura de pastizales tropicales que se inunda regularmente. El sistema hidrográfico más importante de esta área es el de río Orinoco, uno de los más largos de América del Sur (2.140 km). El lago de Maracaibo, rico en petróleo, es el mayor cuerpo de agua de América del Sur (a pesar del nombre, se trata de una gran bahía salobre del Golfo de Venezuela).

Al tratarse de una zona tropical, las temperaturas muestran poca variación estacional. Sin embargo, la altitud influye de manera local sobre las temperaturas, las precipitaciones y la vegetación. Gran parte del área tiene una temperatura media anual por encima de los 24°C. Ésta puede descender hasta los 19°C en altitudes de 1.500 msnm, o incrementarse hasta alcanzar los 28°C en la costa de Maracaibo. La mayoría de las zonas de montaña presentan condiciones climáticas templadas (pueden aparecer condiciones glaciales en las cumbres más altas de las montañas). La precipitación anual en la región es de unos 1.000 mm. Sin embargo, en la árida costa noroccidental de Venezuela se registran menos de 500 mm anuales. Las variaciones regionales son muy marcadas; en gran parte de la zona la estación húmeda dura de mayo a octubre.

Las precipitaciones en el interior hacen posible la existencia de distintos tipos de cubierta vegetal: la sabana tropical, la exuberante selva tropical y las tierras de cultivo y pastos.

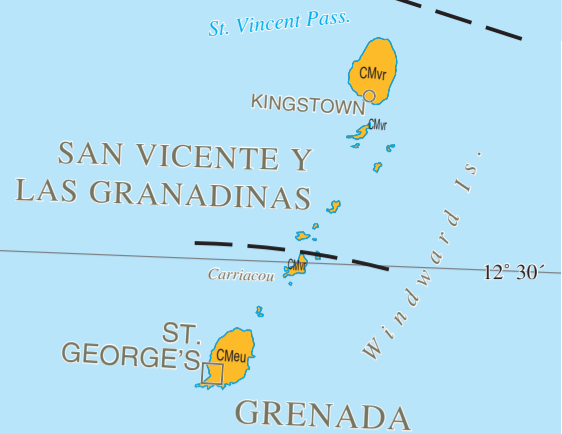
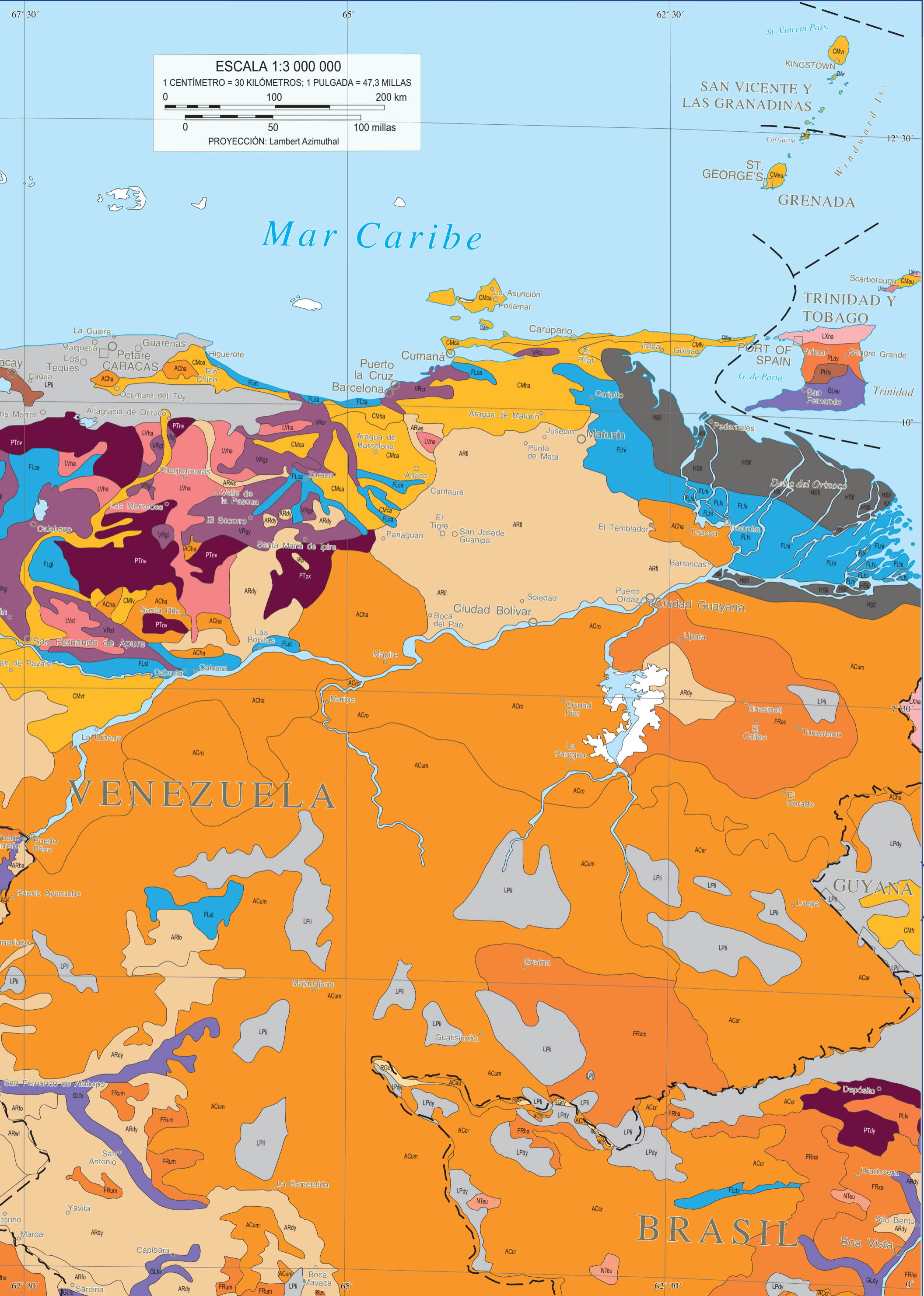
Los suelos dominantes en el mapa son Acrisols y Ferralsols. Las altas temperaturas y abundante humedad son la causa del lavado (a excepción de los minerales más insolubles) de nutrientes, dejando los suelos con altos niveles de óxidos de hierro y aluminio y poca fertilidad. Los Gleysols que se ubican al este de Colombia indican la presencia de extensas llanuras pantanosas que corresponden a las zonas de inundación de los ríos Orinoco, Magdalena y Cauca, mientras Fluviosols y Vertisols, delatan la existencia de cuencas aluviales. El delta del Orinoco y las llanuras adyacentes son ricos en aluviones. El mal drenaje de estas zonas bajas da lugar a Histosols. Los Andosols volcánicos se sitúan en las laderas de las montañas; se trata de suelos fértiles potencialmente pero en ocasiones muy erosionados debido a la deforestación. Los Regosols, de escaso desarrollo, y los someros y pedregosos Leptosols se dan en general en las principales regiones montañosas, que en este caso corresponden a la cordillera de Mérida y las montañas costeras en la cercanía de la ciudad de Caracas. El clima árido de la costa venezolana da lugar a Calcisols y Arenosols. En la zona de los Llanos aparecen extensos campos de dunas. En el valle del Orinoco, la saturación del suelo con agua subterránea rica en hierro conduce a la formación de Plintosols.

La frontera abrupta entre Colombia y Venezuela refleja las diferencias en las escalas de interpretación y mapeo entre los distintos países. Se está trabajando para resolver estas diferencias.

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km  
 0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

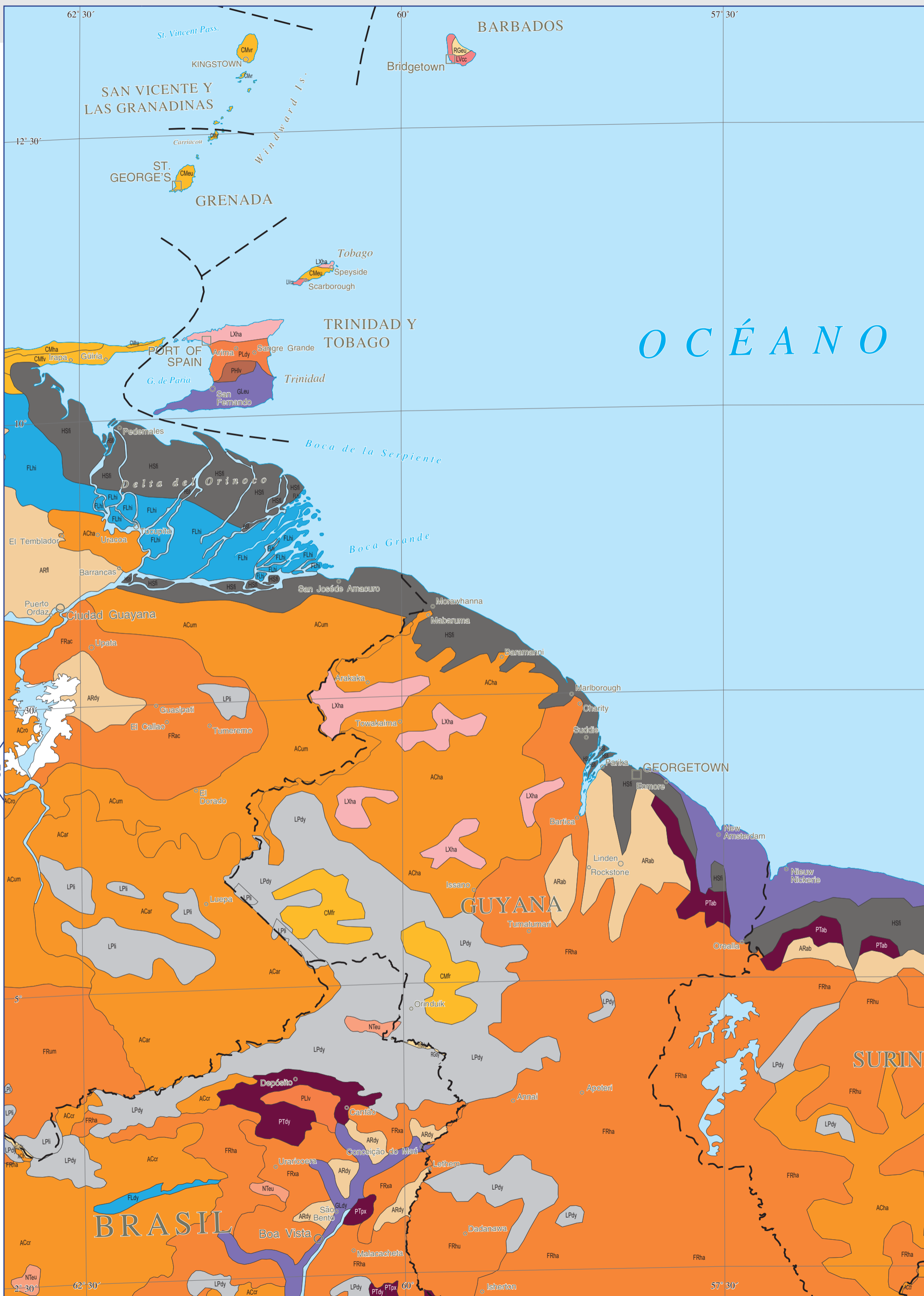


VENEZUELA

GUYANA

BRASIL





79

85

# ATLÁNTICO



Este mapa muestra los suelos de las islas que se ubican al sudoeste de las Antillas Menores, parte del norte de Brasil, Guyana, Guayana Francesa, Surinam y el este de Venezuela, todo ello bañado por el océano Atlántico. La zona costera occidental del mapa está dominada por el delta del Orinoco.

El pantanoso delta se extiende a lo largo de unos 450 kilómetros en la costa atlántica y se divide en numerosos canales o caños de descarga. El canal principal es el Boca Grande. Hacia el sureste, aparece una llanura costera estrecha y de baja altitud, frente a un terreno suavemente ondulado que corre paralelo a la costa. Este se eleva hacia el sur para convertirse en el Guinana Highlands, una región de montañas bajas cubiertas de bosque y mesetas; el monte Roraima, también conocido como tepuy Roraima, con 2.810 msnm, es el punto más alto de la cadena de mesetas tepuyes (montañas tabulares) de la sierra de Pacaraima. Al sur de estas montañas, los ríos siguen su curso hacia el Amazonas. El monumento natural más notable en este mapa es el Salto Ángel, en el río Churún (Venezuela), la cascada más alta del mundo, con un desnivel de 979 m.

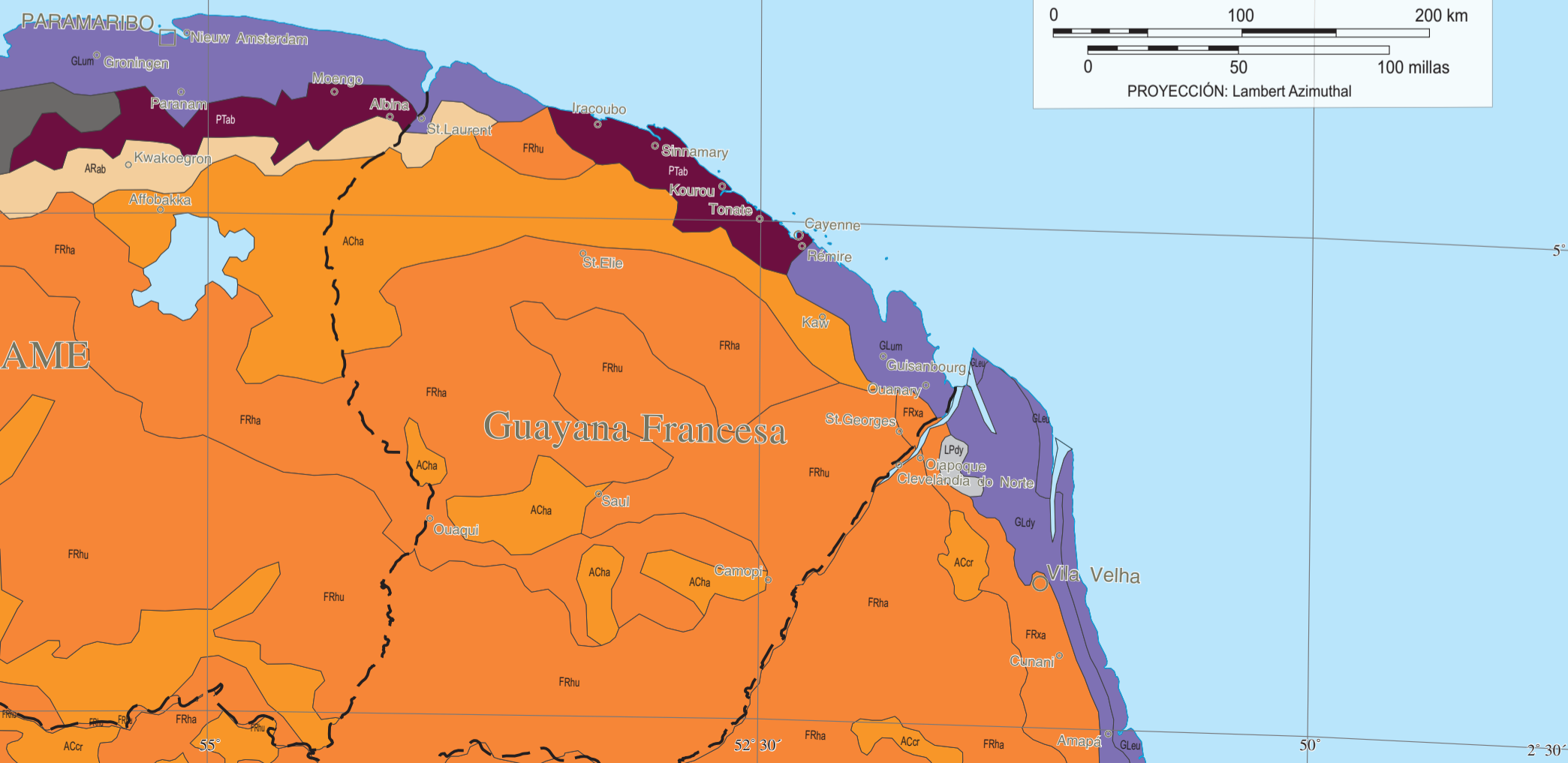
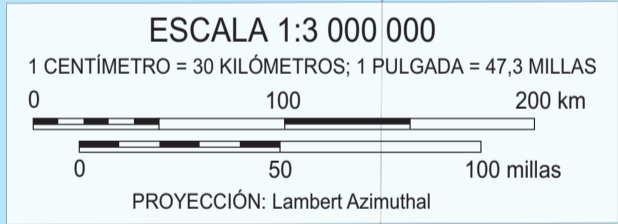
Esta área se sitúa justo al norte del Ecuador, por lo que el clima es cálido y húmedo durante todo el año, con un promedio diario de 25°C y variaciones estacionales mínimas. Estos

valores de temperatura y humedad se ven moderados por las bajas cotas y la proximidad a la costa debido a los vientos alisios. En general las precipitaciones son abundantes en todo el territorio (unos 2.000 mm anuales, superando los 3.000 mm en algunas zonas de la Guayana Francesa), incrementándose hacia la costa. Sin embargo, pueden darse sequías estacionales de manera ocasional.

La vegetación está constituida principalmente por densos bosques tropicales. En algunas partes del sur de Venezuela y Guyana, más secas, el paisaje dominante es la sabana. Los manglares se sitúan a lo largo de la costa.

Los principales factores de formación del suelo de esta región han sido la erosión de las rocas cristalinas, en gran parte de las montañas de Guyana, y su posterior redeposición, seguida de la intensa meteorización propiciada por un clima tropical cálido y húmedo. Los someros y pedregosos Leptosols y los débilmente desarrollados Cambisols son representativos de la región del altiplano. La deposición de la arena de cuarzo como consecuencia del curso de los ríos ha dado lugar a Arenosols extensos y blanquecinos a lo largo de las costas de Guayana y Surinam. Debido a que la zona costera es llana, el mal drenaje y los grandes volúmenes de aluviones procedentes de la desembocadura del río Amazonas (al este de la Guayana Francesa) se han desarrollado

extensos pantanos. Este encharcamiento permanente ha dado lugar a grandes extensiones de ácidos Gleysols e Histosols. Este modelo también es visible en el delta del Orinoco. En el interior, la meteorización química de los minerales de las rocas queda reflejada en la distribución de los tipos de suelo. En suelos donde se dan condiciones de alta lixiviación y acidez se manifiestan grandes extensiones de Ferralsols, generalmente pobres en nutrientes pero con altos contenidos en caolinita y óxidos de hierro y aluminio. Las extensiones de Acrisols y los Lixisols son la expresión también de suelos profundamente meteorizados. Ambos tipos de suelos se caracterizan por un subsuelo rico en arcilla, aunque los primeros se desarrollan sobre materiales de naturaleza ácida y los segundos a partir de rocas metamórficas que contienen cationes básicos (y por ello, generalmente son suelos menos ácidos que los Acrisols). En Brasil, al sur de las montañas de la Guayana, aparecen Gleysols en llanuras pantanosas de la cabecera del río Branco, afluente del Amazonas. Los Plintosols indican suelos que poseen una capa del subsuelo que contiene una mezcla de minerales arcillosos (predominantemente caolinita) con un alto contenido de hierro y sílice, materiales que se endurecen al secarse formando concreciones de hierro (plintita).

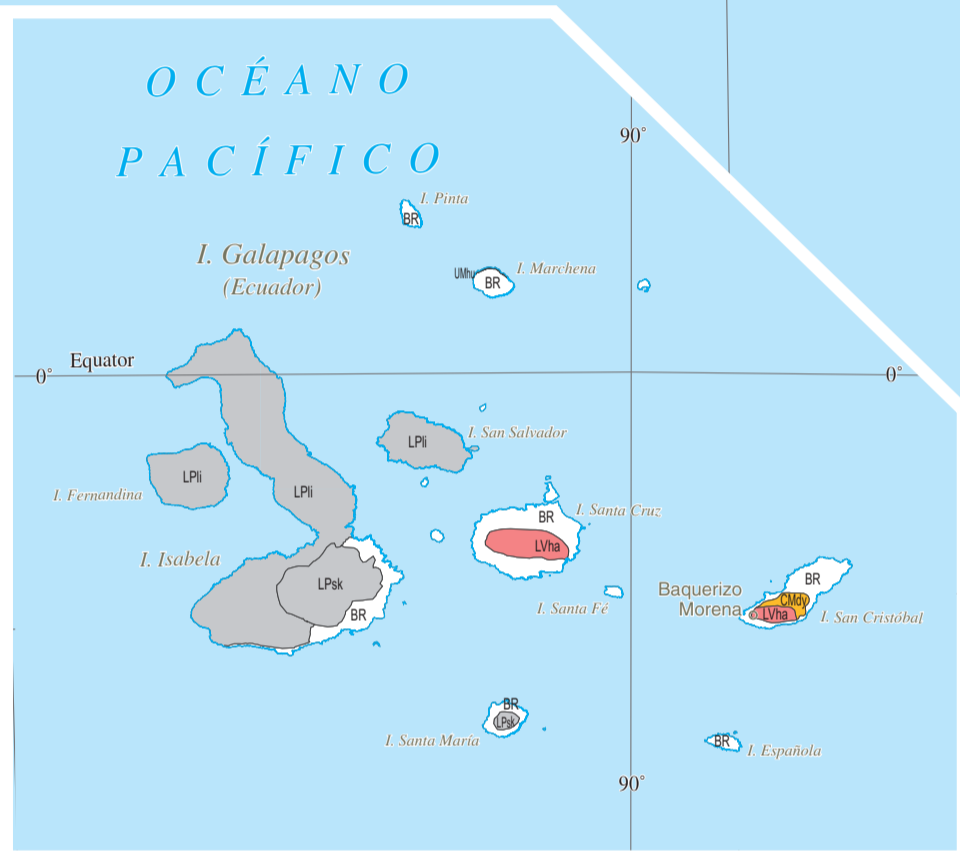




# OCEANO PACÍFICO

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal



Este mapa muestra la gran variedad de suelos del oeste de Brasil, el sur de Colombia, Ecuador y el norte de Perú, incluyendo el archipiélago volcánico de las islas Galápagos, situado a 1.000 kilómetros al oeste de la costa ecuatoriana.

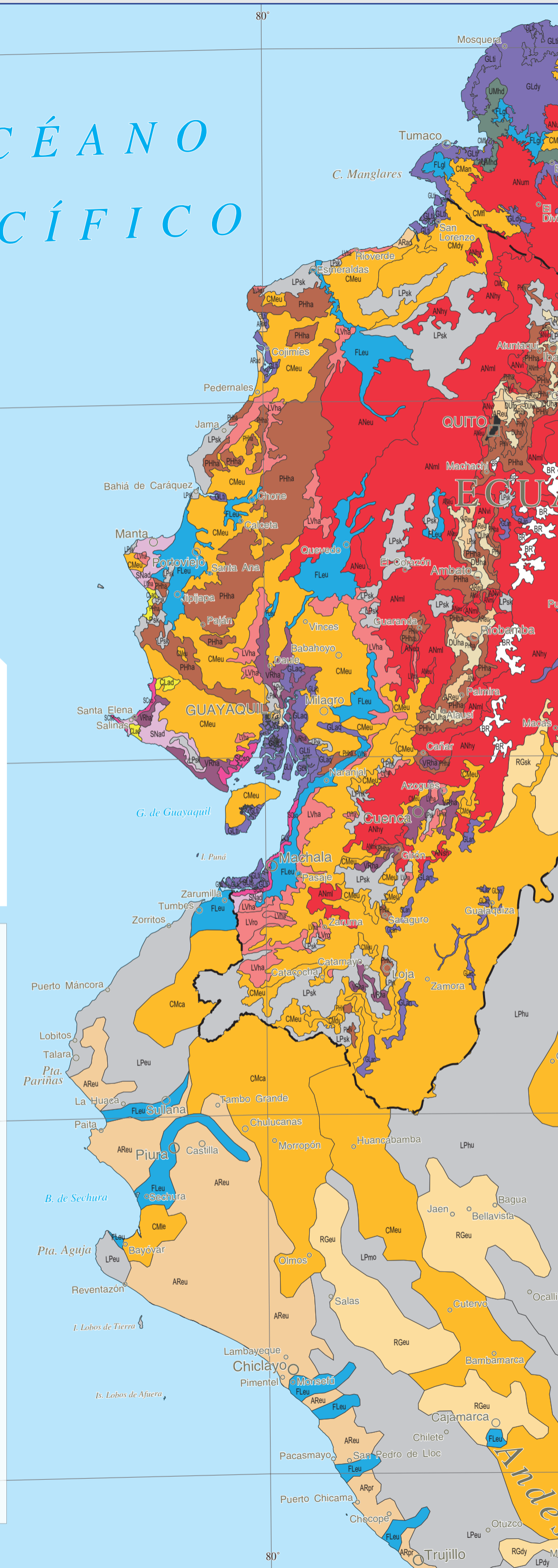
La característica física principal de este mapa es la cordillera de los Andes. Muchas de sus cumbres sobrepasan los 4.000 msnm, mientras que en Ecuador se sitúa el Cotopaxi (5.897 msnm), el volcán activo más alto del mundo. Al oeste de los Andes, una estrecha franja de tierra desciende hacia el océano Pacífico. Hacia el este, las llanuras suavemente onduladas en Colombia caracterizan el extremo sur de Los Llanos, una vasta extensión de pastos tropicales. Siguiendo hacia el sur, los ríos que discurren por las estribaciones orientales de los Andes en Perú drenan una región de colinas y llanuras ubicadas en la cuenca del Amazonas.

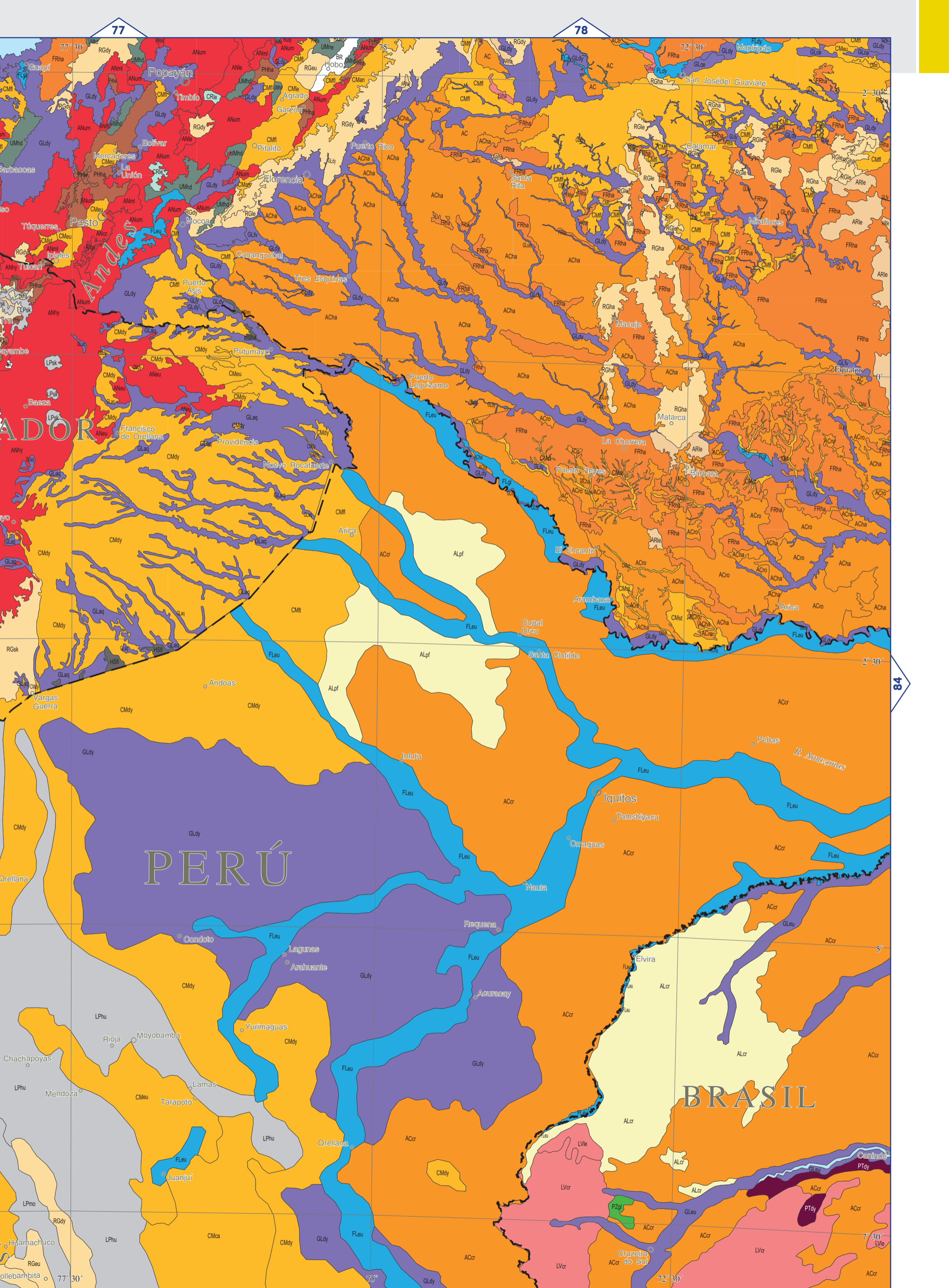
Debido a la cercanía de la línea del Ecuador, en la parte superior del mapa, la mayor parte de la zona tiene un clima tropical húmedo. En la costa se registran grandes variaciones de las condiciones climáticas debido a la zona de convergencia intertropical y a las corrientes frías oceánicas. Los procesos de convección dominan en las partes altas de los Andes. Las temperaturas medias durante el día varían entre 29 y 33°C, bajando al ascender en altitud (a 2.800 msnm, Quito tiene una temperatura media anual de 14°C, con mínimas de 9°C). En las cotas más altas son frecuentes las heladas y los picos están cubiertos de nieve por encima de los 5.000 msnm. Las partes central y oriental del territorio representado en el mapa son más húmedas. En la cuenca del Amazonas, la precipitación anual es de 3.000 a 6.000 mm. No obstante, en algunas partes de Ecuador y la zona costera de Perú se dan condiciones de aridez (menos de 500 mm de precipitación anual).

La mayor parte del área está cubierta por bosques tropicales, dando paso a bosques caducifolios a lo largo de la zona costera del norte. Las tierras altas se caracterizan por un bosque siempreverde y vegetación alpina.

La amplia gama de zonas climáticas junto con los distintos tipos de cubierta vegetal y material parental da lugar a un patrón de distribución de suelos muy variado y complejo. A lo largo de los Andes, se han desarrollado grandes extensiones de Andosols en eyecciones volcánicas. La meteorización física de los minerales, rocas areniscas y pizarras, han dado como resultado Leptosols y Cambisols. Los Andes no son una sola línea de cumbres, sino más bien una sucesión de sierras paralelas en la que se intercalan mesetas y depresiones. En las tierras más altas, los suelos permanentemente congelados dan lugar a Criosols. Entre las cadenas montañosas, en los grandes valles, cuencas aluviales y coluviales, llamadas hoyas, se dan Phaeozems herbosos y fértiles. Se puede observar este mismo patrón en la franja costera tanto colombiana como ecuatoriana. Los suelos de la cuenca del Amazonas son también muy diversos. Aquellos más meteorizados están representados por Acrisols, Alisols y Ferralsols, generalmente pobres en nutrientes y con altos niveles de hierro y aluminio. Acrisols y Alisols, junto con Luvisols, poseen un subsuelo rico en arcilla y reflejan diferencias topográficas y de la composición química de la roca madre. Los terrenos afectados por el agua están representados por Fluvisols y Gleysols. Aparecen en las llanuras de inundación de grandes ríos como el Putumayo, el Negro, el Napo y el Marañón (este último da lugar a la gran extensión de Gleysols en el norte de Perú), todos ellos afluentes del curso alto del río Amazonas en la vertiente del Atlántico. Gran parte de los suelos del oeste y centro de Perú son delgados, de mala calidad y poco desarrollados (p.ej. Regosols). Al sur de la ciudad costera de Piura, los Arenosols caracterizan el desierto de Sechura. Las islas volcánicas de las Galápagos se caracterizan por la presencia de Andosols, someros y pedregosos Leptosols y Luvisols allí donde el suelo está algo más desarrollado.

La frontera abrupta entre Ecuador y Perú refleja las diferencias en las escalas de interpretación y mapeo entre los distintos países. Se está trabajando para resolver estas diferencias.



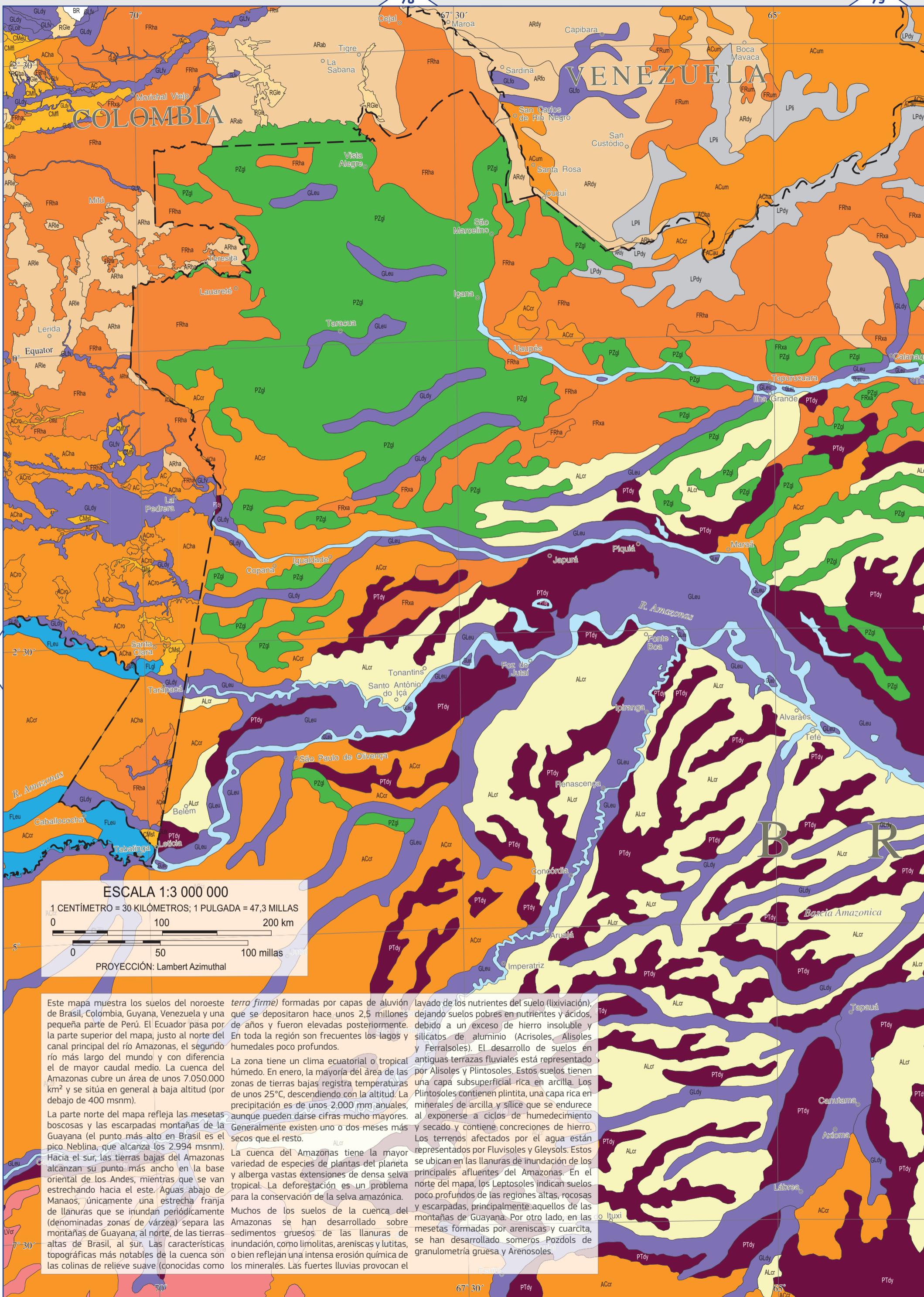


77

78

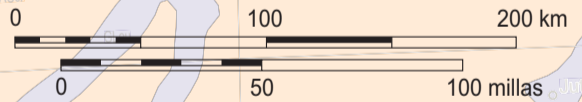
84

91



ESCALA 1:3 000 000

1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS



PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

Este mapa muestra los suelos del noroeste de Brasil, Colombia, Guyana, Venezuela y una pequeña parte de Perú. El Ecuador pasa por la parte superior del mapa, justo al norte del canal principal del río Amazonas, el segundo río más largo del mundo y con diferencia el de mayor caudal medio. La cuenca del Amazonas cubre un área de unos 7.050.000 km<sup>2</sup> y se sitúa en general a baja altitud (por debajo de 400 msnm).

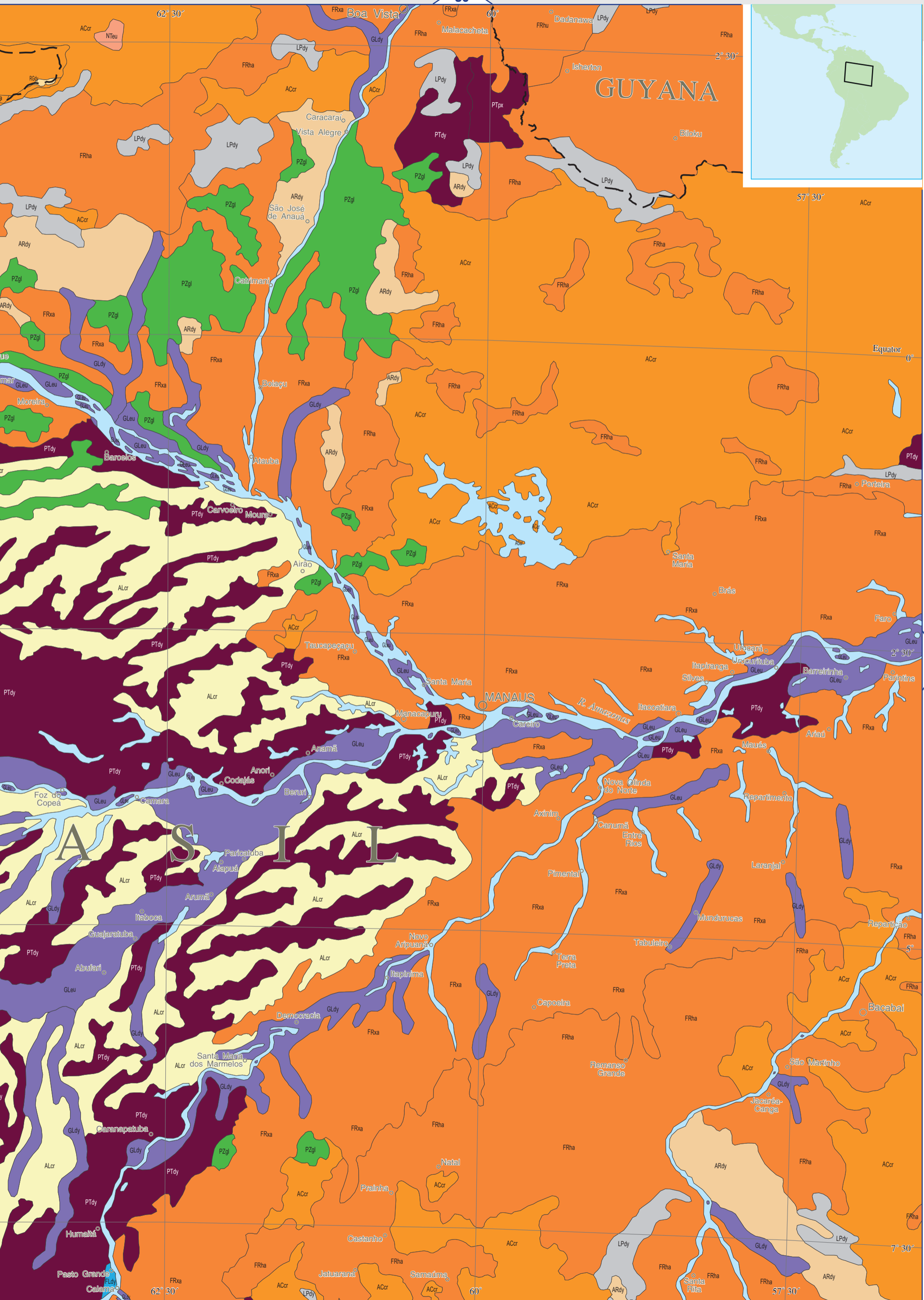
La parte norte del mapa refleja las mesetas boscosas y las escarpadas montañas de la Guayana (el punto más alto en Brasil es el pico Neblina, que alcanza los 2.994 msnm). Hacia el sur, las tierras bajas del Amazonas alcanzan su punto más ancho en la base oriental de los Andes, mientras que se van estrechando hacia el este. Aguas abajo de Manaós, únicamente una estrecha franja de llanuras que se inundan periódicamente (denominadas zonas de várzea) separa las montañas de Guayana, al norte, de las tierras altas de Brasil, al sur. Las características topográficas más notables de la cuenca son las colinas de relieve suave (conocidas como

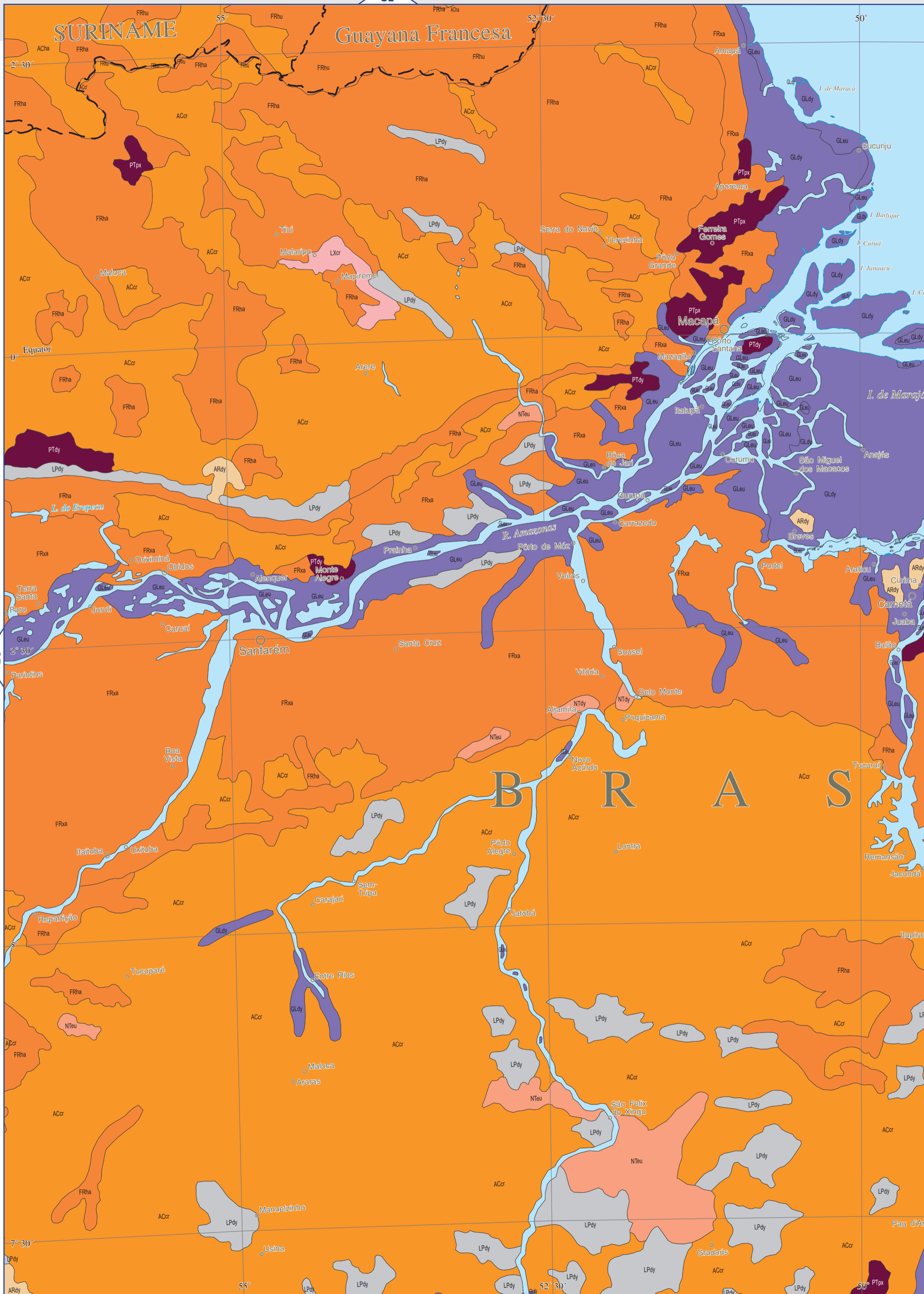
*terra firme*) formadas por capas de aluvión que se depositaron hace unos 2,5 millones de años y fueron elevadas posteriormente. En toda la región son frecuentes los lagos y humedales poco profundos.

La zona tiene un clima ecuatorial o tropical húmedo. En enero, la mayoría del área de las zonas de tierras bajas registra temperaturas de unos 25°C, descendiendo con la altitud. La precipitación es de unos 2.000 mm anuales, aunque pueden darse cifras mucho mayores. Generalmente existen uno o dos meses más secos que el resto.

La cuenca del Amazonas tiene la mayor variedad de especies de plantas del planeta y alberga vastas extensiones de densa selva tropical. La deforestación es un problema para la conservación de la selva amazónica. Muchos de los suelos de la cuenca del Amazonas se han desarrollado sobre sedimentos gruesos de las llanuras de inundación, como limolitas, areniscas y lutitas, o bien reflejan una intensa erosión química de los minerales. Las fuertes lluvias provocan el

lavado de los nutrientes del suelo (lixiviación), dejando suelos pobres en nutrientes y ácidos, debido a un exceso de hierro insoluble y silicatos de aluminio (Acrisoles, Alisoles y Ferralsoles). El desarrollo de suelos en antiguas terrazas fluviales está representado por Alisoles y Plintsoles. Estos suelos tienen una capa subsuperficial rica en arcilla. Los Plintsoles contienen plintita, una capa rica en minerales de arcilla y sílice que se endurece al exponerse a ciclos de humedecimiento y secado y contiene concreciones de hierro. Los terrenos afectados por el agua están representados por Fluvisoles y Gleysols. Estos se ubican en las llanuras de inundación de los principales afluentes del Amazonas. En el norte del mapa, los Leptosoles indican suelos poco profundos de las regiones altas, rocosas y escarpadas, principalmente aquellos de las montañas de Guayana. Por otro lado, en las mesetas formadas por areniscas y cuarcita, se han desarrollado someros Pozzols de granulometría gruesa y Arenosoles.





Este mapa muestra las tierras del noreste de Brasil y la desembocadura del río Amazonas en el océano Atlántico. El Amazonas tiene un caudal medio de 209.000 m<sup>3</sup>/s (sin incluir sus afluentes principales), más que el Misisipi, el Nilo y el Yangtze juntos. Hacia la desembocadura, se divide en varios canales, dando lugar a islas cada vez más grandes. Marajó, del tamaño de Suiza, es la isla más grande del mundo rodeada de agua dulce. Curiosamente, el Amazonas no tiene delta. El valle inferior del Amazonas es relativamente estrecho; la tierra en ambos lados se alza en escarpadas laderas hasta el nivel de una antigua meseta.

La parte norte del mapa marca el límite con las montañas de la Guayana, mientras que al sur el terreno se eleva en terrazas cubiertas de bosque, algo escarpadas debido a la erosión de la ladera norte de la meseta central brasileña. El Ecuador atraviesa el estuario del Amazonas. La otra desembocadura que destaca en este mapa es la del río Guamá.

El clima de la zona es ecuatorial o tropical húmedo. La temperatura media anual es de unos 26°C, sin apenas variación estacional.

La humedad es alta; también la precipitación media anual presenta valores elevados (más de 1.500 mm durante todo el año, aunque puede ser mayor en algunos lugares). Es común la ocurrencia de meses más secos.

La mayor parte de la región está cubierta por un denso bosque tropical de especies de hoja ancha con zonas de sabana que se intercalan con más frecuencia hacia el este. Los manglares aparecen en la mayor parte de la línea costera. La deforestación, el cambio de uso de la tierra y la poca fertilidad del suelo son cuestiones importantes que amenazan el medio natural y el modo de vida de los habitantes de la región.

Los ácidos Acrisols y Ferralsols son claramente dominantes en el mapa. La distribución de estos suelos, altamente lixiviados, pobres en nutrientes y con altos niveles de hierro insoluble y silicatos de aluminio, reflejan variaciones en la topografía. Las pequeñas áreas de distribución de Lixisols y Nitisols delatan cambios en la composición química del material parental. En los valles fluviales aparecen Fluvisols estratificados y Gleysols frecuentemente saturados de agua, los

cuales se han desarrollado en sedimentos aluviales gruesos, a menudo reflejando canales abandonados, cochas, diques y pantanos. La principal cuenca hidrográfica al sur de la desembocadura del Amazonas es al del sistema de los ríos Tocantins-Araguaia. Se trata de la mayor cuenca hidrográfica enteramente situada en territorio brasileño, con una longitud de unos 2.500 km. Los suelos de las tierras bajas a orillas del océano Atlántico están compuestos por Gleysols, cubiertos de manglares y ubicados en la franja costera y en los estuarios y Arenosols con dunas situados en depósitos fluviales antiguos. En los terrenos llanos se han desarrollado Plintossols, generalmente sobre antiguas terrazas o sistemas de playas, caracterizados por una capa subsuperficial rica en arcilla y sílice conocidos como plintita, que se endurece al exponerse a ciclos de humedecimiento y secado y contiene concreciones de hierro. Por último, al sur del territorio aparecen Leptosols y Arenosols que denotan suelos poco profundos y arenosos en las montañas de arenisca que marcan el punto más al norte de las tierras altas de Brasil.



# OCEANO ATLANTICO

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km

0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal





87

95

95



**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km

0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

# O C É A N O A T L Á N T I C O

Este mapa muestra los suelos del este de Brasil. El paisaje está dominado por la meseta y las montañas de las sierras de la Borborema y Grande, situadas al noreste y que representan las tierras altas de Brasil. A una longitud de 34°47'35" O, se sitúa Ponta do Seixas (al sureste de João Pessoa), el lugar más oriental de todo el continente americano (curiosamente situada a menos de 3° de latitud de Punta Pariñas en Perú, el punto más occidental del continente de América del Sur).

Situada justo al sur del ecuador, la mayor parte del territorio que se muestra en el mapa tiene un clima tropical. La temperatura media anual sobrepasa los 18°C, con poca variación estacional. El grado de humedad, en general, es menor que en la cuenca del Amazonas y la tasa de precipitación anual, en promedio, varía entre 1.000 y 1.800 mm, distribuidos de manera irregular (concentradas en tres o cuatro meses). El interior de la costa noreste de Natal y São Luís recibe sólo entre 400 y 750 mm anuales; además pueden darse de 9 a 10 meses secos.

Exceptuando las mesetas, regiones montañosas y depresiones del terreno, casi la totalidad del territorio está cubierta por un tipo particular de estepa arbolada (savana), conocida localmente como Caatinga.

El complejo patrón de distribución de suelos que se observa en el mapa se deriva de la topografía y la litología principalmente. La meteorización física de las rocas (de tipo metamórficas predominantemente ácidas, p. ej. gneis y granitos) en las zonas elevadas de las sierras brasileñas ha dado como resultado someros y pedregosos Leptosols, Regosols con escaso desarrollo y Arenosols de textura gruesa. Allí donde los procesos de formación del suelo han sido más intensos, han evolucionado pétreos Luvisols. Los Ferralsoles, de naturaleza ácida, y profundamente meteorizados, aparecen en el paisaje de laderas con pendientes suaves adyacente, a menudo extenuantes condiciones de sequía. Los Acrisols, suelos ácidos y con alto contenido en hierro y óxidos de aluminio, tienden a ocupar las terrazas de los valles fluviales. Por otro lado, los Lixisols se encuentran en los lugares

donde se ha producido una meteorización tropical intensa de material parental menos ácido. Los sedimentos aluviales a lo largo de los valles fluviales se encuentran ocupados por Fluvisols estratificados, Gleysols saturados de agua y Vertisols ricos en arcilla. A lo largo de la franja costera se han desarrollado Arenosols de granulometría gruesa y Podzols. En la planicie costera al sur de São Luís existen vastas extensiones de Plintosols en los que se forma la plintita como consecuencia del contenido en hierro del agua subterránea. Por otro lado, los Acrisoles son suelos ácidos con un alto contenido en arcilla en el subsuelo y que se desarrollan sobre zonas llanas. Por último, los Planosols son la expresión de suelos que presentan un marcado cambio en la textura, como consecuencia de las variaciones en la sedimentación que se produce en los valles o en las terrazas.



# OCEANO PACIFICO

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km  
 0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

Este mapa muestra los suelos del centro y sur de Perú, el noroeste de Bolivia y la parte occidental de Brasil.

Los principales elementos físicos que aparecen en el mapa son la cadena montañosa de los Andes, la extensión occidental de la cuenca del Amazonas y los áridos desiertos de la costa de Perú. Los Andes, paralelos a la costa del Pacífico, separan una estrecha franja costera árida de la parte más húmeda del continente hacia el este. Existen otras cadenas montañosas separadas por mesetas y depresiones: la cordillera Oriental y la cordillera Occidental. La primera se extiende hacia el este para formar sierras aisladas o regiones de altiplanicie, como el Altiplano. Muchas de las montañas del centro de Perú están cubiertas de nieve, alcanzando una altitud máxima de 6.768 msnm. La parte suroeste del mapa está caracterizada por una alta meseta de entre 4.000 y 5.000 msnm, rodeada de picos muy altos. Las faldas de los Andes occidentales se funden con las tierras bajas boscosas de la cuenca del Amazonas. Situado a 3.810 m, en la frontera peruano-boliviana, el Titicaca es el lago más grande de América del Sur, con una superficie de 8.300 km<sup>2</sup>. Las condiciones áridas se dan en gran parte de la llanura costera (p. ej. en el desierto de Nazca).

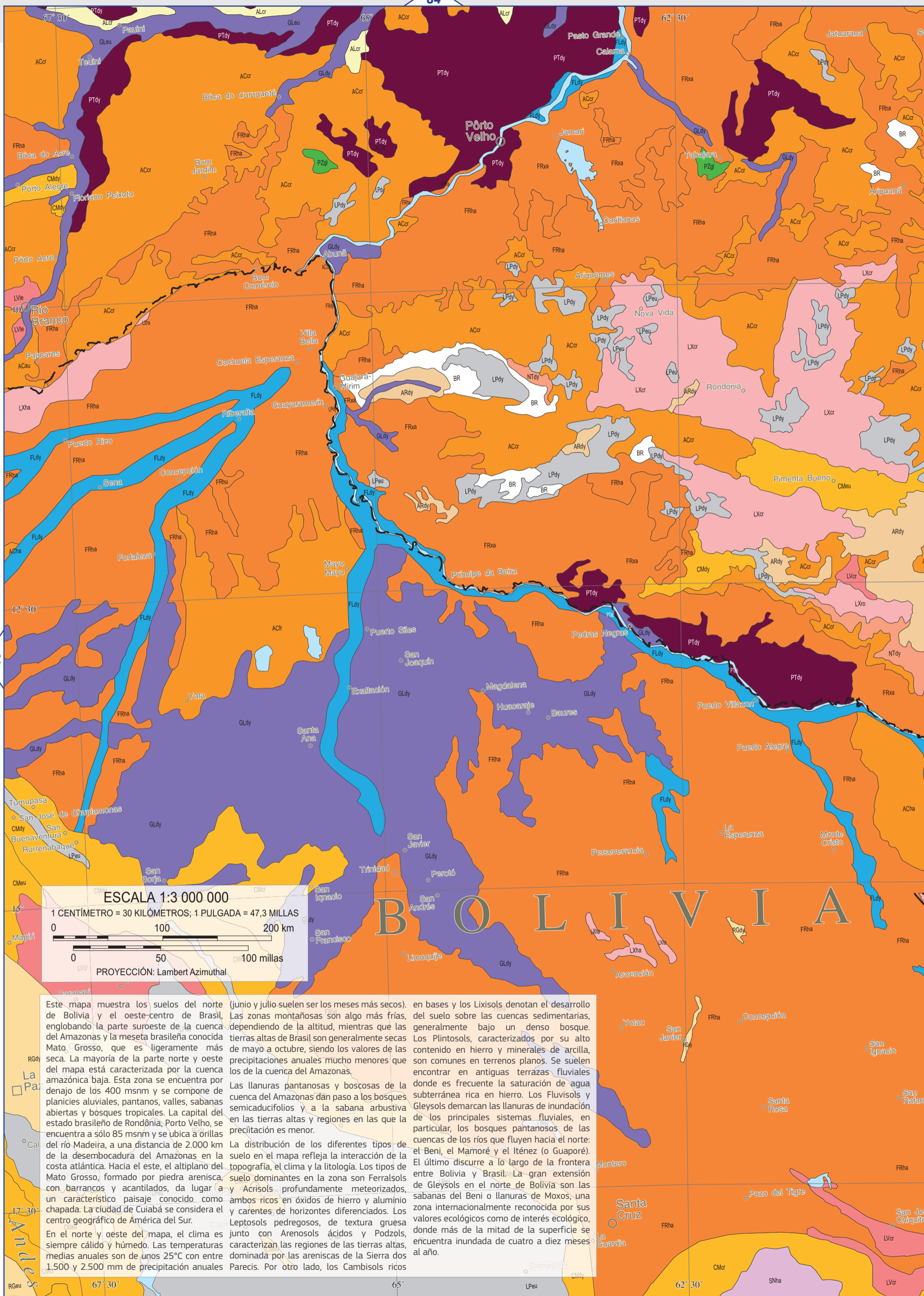
Al norte del trópico de Capricornio, la parte oriental del territorio tiene un clima cálido ecuatorial subhúmedo o húmedo, dependiendo de la región, con pequeñas variaciones estacionales de la temperatura.

Esta disminuye con la altitud y los procesos de convección que se producen en las partes altas de los Andes. El promedio de las temperaturas diarias varía entre 21 y 30°C en la Amazonía, decreciendo según se asciende en altitud. La capital boliviana de La Paz, situada a 3.640 msnm, tiene una temperatura media anual de unos 9°C. Las temperaturas en la costa del Pacífico no son elevadas, debido al efecto de las corrientes marinas, a pesar de tratarse de un desierto (las temperaturas en Lima rara vez caen por debajo de 12 ó ascienden por encima de 29°C). En las cumbres más altas, las heladas son comunes y muchos picos están permanentemente cubiertos de nieve (por encima de los 5.000 msnm). Las partes central y oriental del mapa son muy húmedas; la parte amazónica de los Andes recibe más de 7.000 mm de agua en forma de precipitaciones anuales. Sin embargo, los Andes occidentales y la zona costera de Perú son áridas, con menos de 150 mm de precipitación anual (Lima registra tan sólo alrededor de 15 mm).

Los patrones de vegetación reflejan fielmente las diferencias climáticas comentadas anteriormente. En las zonas más altas la vegetación es de tipo alpino (porte arbustivo, adaptadas al frío y a los fuertes vientos). Hacia el oeste, la costa seca y las zonas altas presentan vegetación muy escasa o inexistente, o bien arbustos resistentes a la sequía y plantas herbáceas. Hacia el este, la selva tropical es el ecosistema dominante. En las cuencas de las tierras altas y de los valles, el clima más suave favorece la agricultura de tipo intensivo, aunque necesita riegos frecuentes.

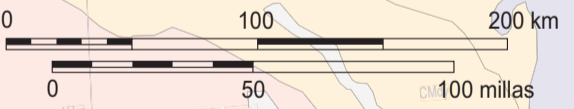
El variado patrón de suelos es resultado de la amplia gama de zonas climáticas, los tipos de vegetación y la litología. La mitad oriental del mapa refleja la combinación de topografía montañosa y el clima árido. La meteorización física de las rocas da lugar a Leptosols, Cambisols y Regosols, débilmente desarrollados, poco definidos y pedregosos. Extensos salares (Solonchaks) ubicados al sur de Perú representan el extremo norte del desierto de Atacama. Entre las cadenas de montañas, los grandes valles aluviales y las cuencas coluviales, llamadas hoyas, dan lugar a Kastanozems herbosos y ricos en materia orgánica. Hacia el este, las condiciones calurosas y húmedas de los bosques tropicales favorecen una intensa meteorización, dando lugar a ácidos Ferralsols, Acrisols y Cambisols (el último tipo, predomina en las estribaciones de los Andes), todos ellos con altos niveles de óxido de aluminio. Los Acrisols y los Luvisols denotan subsuelos ricos en arcilla. Por otro lado, los Fluvisols y los Gleysols representan suelos afectados por el agua en las llanuras de inundación de los grandes ríos, como el Ucayali (que fluye hacia el norte en el mapa) y los numerosos afluentes de los ríos Purús y Madeira que corren hacia este en la cuenca del Amazonas.





ESCALA 1:3 000 000

1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS



PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

Este mapa muestra los suelos del norte de Bolivia y el oeste-centro de Brasil, englobando la parte suroeste de la cuenca del Amazonas y la meseta brasileña conocida como Mato Grosso, que es ligeramente más seca. La mayoría de la parte norte y oeste del mapa está caracterizada por la cuenca amazónica baja. Esta zona se encuentra por debajo de los 400 msnm y se compone de planicies aluviales, pantanos, valles, sabanas abiertas y bosques tropicales. La capital del estado brasileño de Rondônia, Porto Velho, se encuentra a sólo 85 msnm y se ubica a orillas del río Madeira, a una distancia de 2.000 km de la desembocadura del Amazonas en la costa atlántica. Hacia el este, el altiplano del Mato Grosso, formado por piedra arenisca, con barrancos y acantilados, da lugar a un característico paisaje conocido como chapada. La ciudad de Cuiabá se considera el centro geográfico de América del Sur.

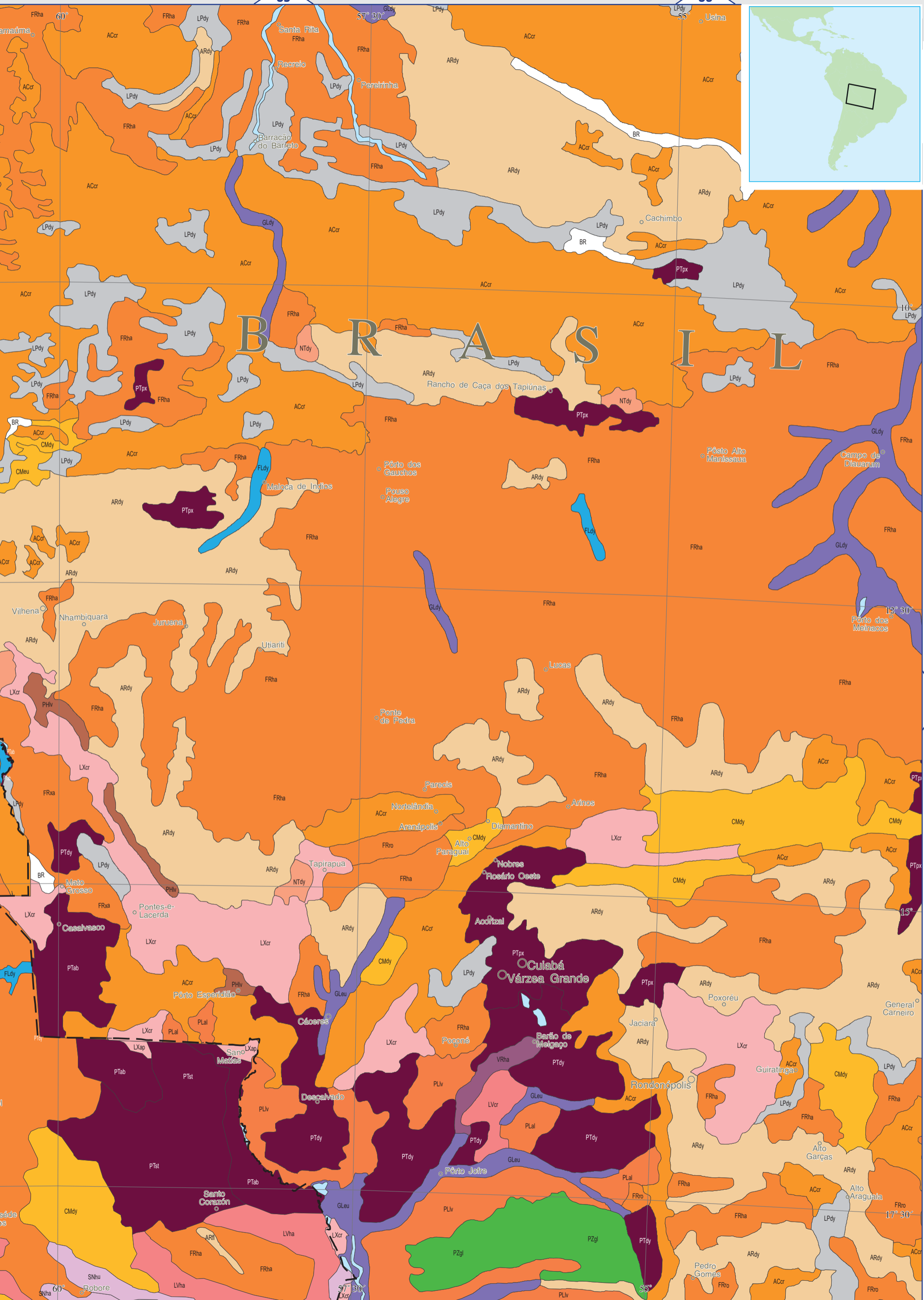
En el norte y oeste del mapa, el clima es siempre cálido y húmedo. Las temperaturas medias anuales son de unos 25°C con entre 1.500 y 2.500 mm de precipitación anuales

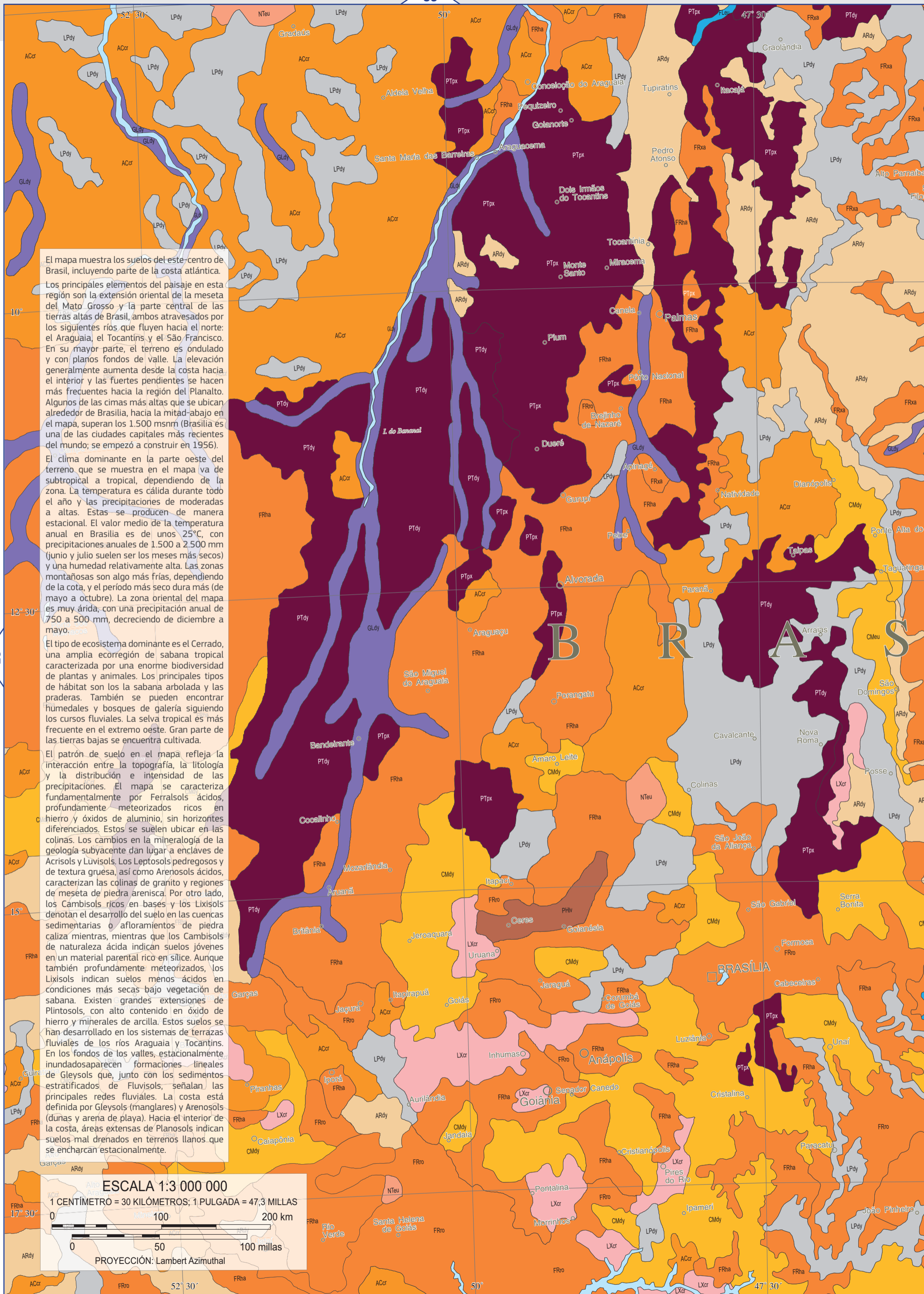
(junio y julio suelen ser los meses más secos). Las zonas montañosas son algo más frías, dependiendo de la altitud, mientras que las tierras altas de Brasil son generalmente secas de mayo a octubre, siendo los valores de las precipitaciones anuales mucho menores que los de la cuenca del Amazonas.

Las llanuras pantanosas y boscosas de la cuenca del Amazonas dan paso a los bosques semicaducifolios y a la sabana arbustiva en las tierras altas y regiones en las que la precipitación es menor.

La distribución de los diferentes tipos de suelo en el mapa refleja la interacción de la topografía, el clima y la litología. Los tipos de suelo dominantes en la zona son Ferralsols y Acrisols profundamente meteorizados, ambos ricos en óxidos de hierro y aluminio y carentes de horizontes diferenciados. Los Leptosols pedregosos, de textura gruesa junto con Arenosols ácidos y Podzols, caracterizan las regiones de las tierras altas, dominadas por las areniscas de la Sierra dos Parecís. Por otro lado, los Cambisols ricos

en bases y los Lixisols denotan el desarrollo del suelo sobre las cuencas sedimentarias, generalmente bajo un denso bosque. Los Plintosols, caracterizados por su alto contenido en hierro y minerales de arcilla, son comunes en terrenos planos. Se suelen encontrar en antiguas terrazas fluviales donde es frecuente la saturación de agua subterránea rica en hierro. Los Fluvisols y Gleysols demarcan las llanuras de inundación de los principales sistemas fluviales, en particular, los bosques pantanosos de las cuencas de los ríos que fluyen hacia el norte: el Beni, el Mamoré y el Iténez (o Guaporé). El último discurre a lo largo de la frontera entre Bolivia y Brasil. La gran extensión de Gleysols en el norte de Bolivia son las sabanas del Beni o llanuras de Moxos, una zona internacionalmente reconocida por sus valores ecológicos como de interés ecológico, donde más de la mitad de la superficie se encuentra inundada de cuatro a diez meses al año.





El mapa muestra los suelos del este-centro de Brasil, incluyendo parte de la costa atlántica. Los principales elementos del paisaje en esta región son la extensión oriental de la meseta del Mato Grosso y la parte central de las tierras altas de Brasil, ambos atravesados por los siguientes ríos que fluyen hacia el norte: el Araguaia, el Tocantins y el São Francisco. En su mayor parte, el terreno es ondulado y con planos fondos de valle. La elevación generalmente aumenta desde la costa hacia el interior y las fuertes pendientes se hacen más frecuentes hacia la región del Planalto. Algunos de las cimas más altas que se ubican alrededor de Brasilia, hacia la mitad-abajo en el mapa, superan los 1.500 msnm (Brasilia es una de las ciudades capitales más recientes del mundo; se empezó a construir en 1956).

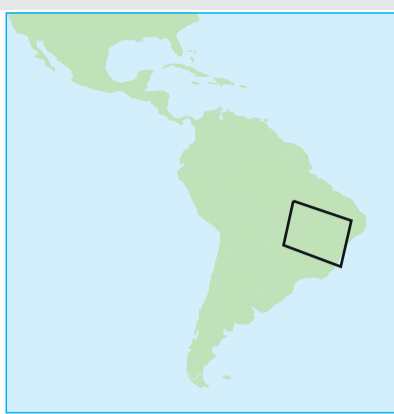
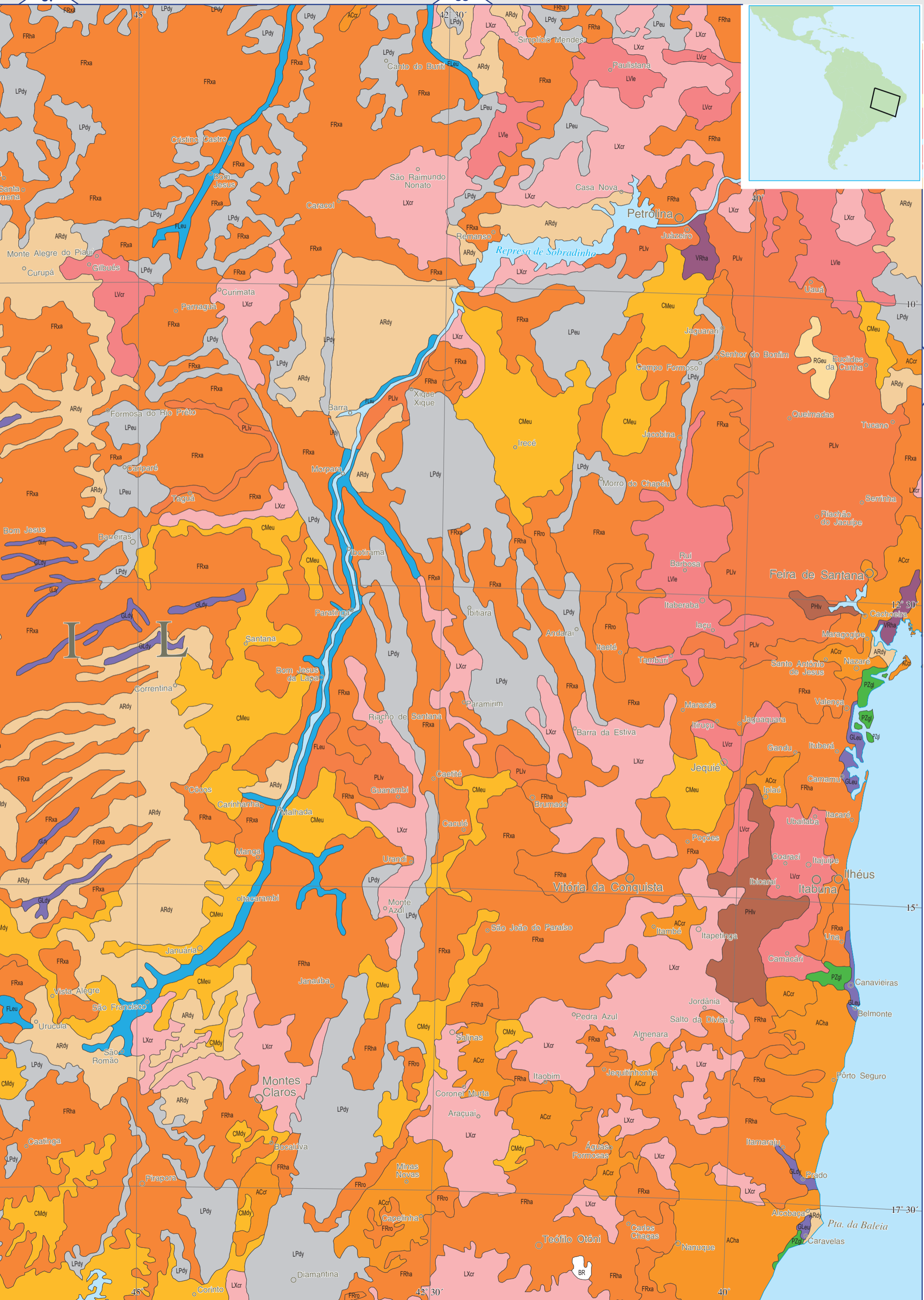
El clima dominante en la parte oeste del terreno que se muestra en el mapa va de subtropical a tropical, dependiendo de la zona. La temperatura es cálida durante todo el año y las precipitaciones de moderadas a altas. Estas se producen de manera estacional. El valor medio de la temperatura anual en Brasilia es de unos 25°C, con precipitaciones anuales de 1.500 a 2.500 mm (junio y julio suelen ser los meses más secos) y una humedad relativamente alta. Las zonas montañosas son algo más frías, dependiendo de la cota, y el período más seco dura más (de mayo a octubre). La zona oriental del mapa es muy árida, con una precipitación anual de 750 a 500 mm, decreciendo de diciembre a mayo.

El tipo de ecosistema dominante es el Cerrado, una amplia ecorregión de sabana tropical caracterizada por una enorme biodiversidad de plantas y animales. Los principales tipos de hábitat son los la sabana arbolada y las praderas. También se pueden encontrar humedales y bosques de galería siguiendo los cursos fluviales. La selva tropical es más frecuente en el extremo oeste. Gran parte de las tierras bajas se encuentra cultivada.

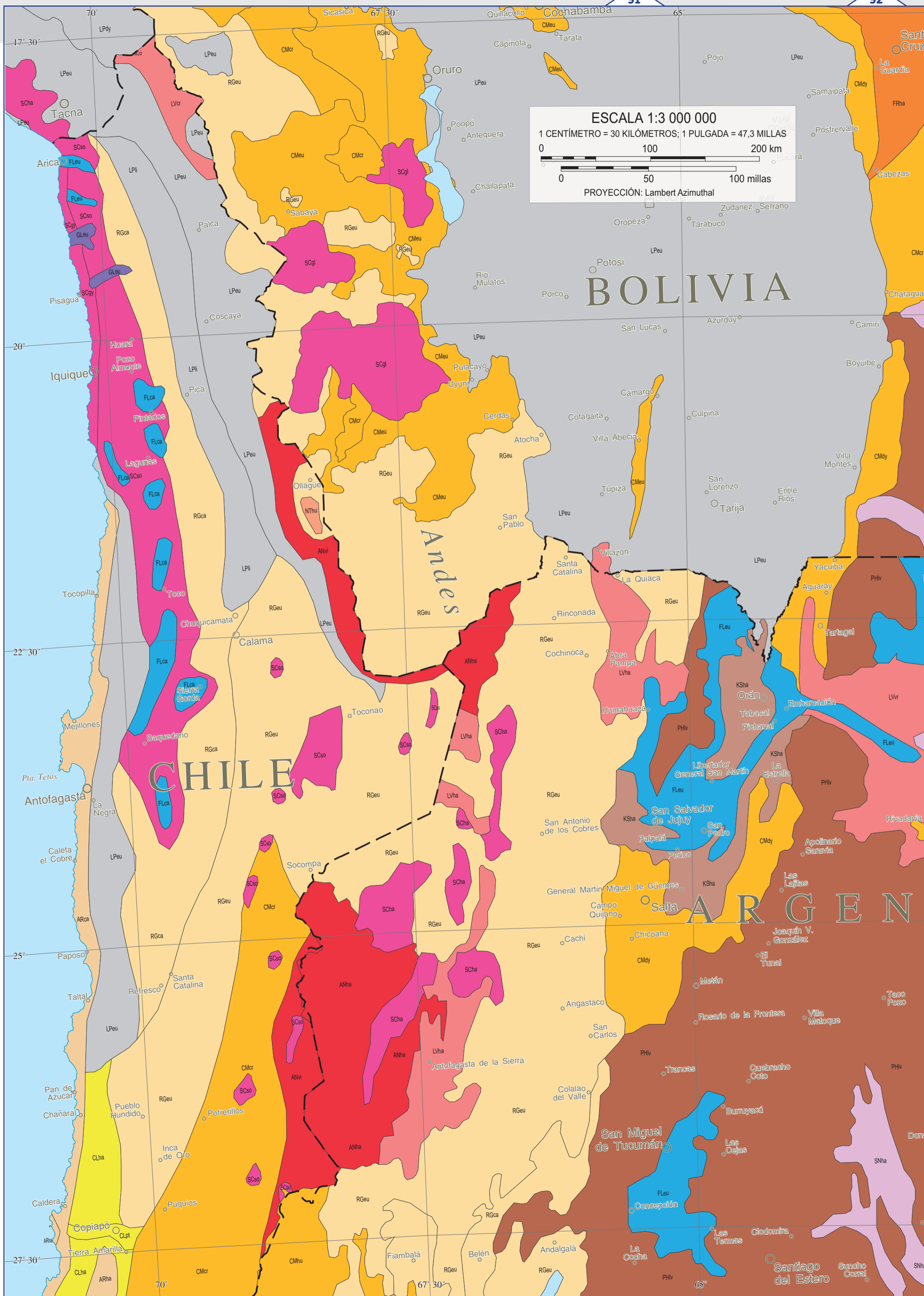
El patrón de suelo en el mapa refleja la interacción entre la topografía, la litología y la distribución e intensidad de las precipitaciones. El mapa se caracteriza fundamentalmente por Ferrisols ácidos, profundamente meteorizados ricos en hierro y óxidos de aluminio, sin horizontes diferenciados. Estos se suelen ubicar en las colinas. Los cambios en la mineralogía de la geología subyacente dan lugar a enclaves de Acrisols y Luvisols. Los Leptosols pedregosos y de textura gruesa, así como Arenosols ácidos, caracterizan las colinas de granito y regiones de meseta de piedra arenisca. Por otro lado, los Cambisols ricos en bases y los Lixisols denotan el desarrollo del suelo en las cuencas sedimentarias o afloramientos de piedra caliza mientras, mientras que los Cambisols de naturaleza ácida indican suelos jóvenes en un material parental rico en sílice. Aunque también profundamente meteorizados, los Lixisols indican suelos menos ácidos en condiciones más secas bajo vegetación de sabana. Existen grandes extensiones de Plintosols, con alto contenido en óxido de hierro y minerales de arcilla. Estos suelos se han desarrollado en los sistemas de terrazas fluviales de los ríos Araguaia y Tocantins. En los fondos de los valles, estacionalmente inundados aparecen formaciones lineales de Gleysols que, junto con los sedimentos estratificados de Fluvisols, señalan las principales redes fluviales. La costa está definida por Gleysols (manglares) y Arenosols (dunas y arena de playa). Hacia el interior de la costa, áreas extensas de Planosols indican suelos mal drenados en terrenos llanos que se encharcan estacionalmente.

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

PROYECCIÓN: Lambert Azimutal



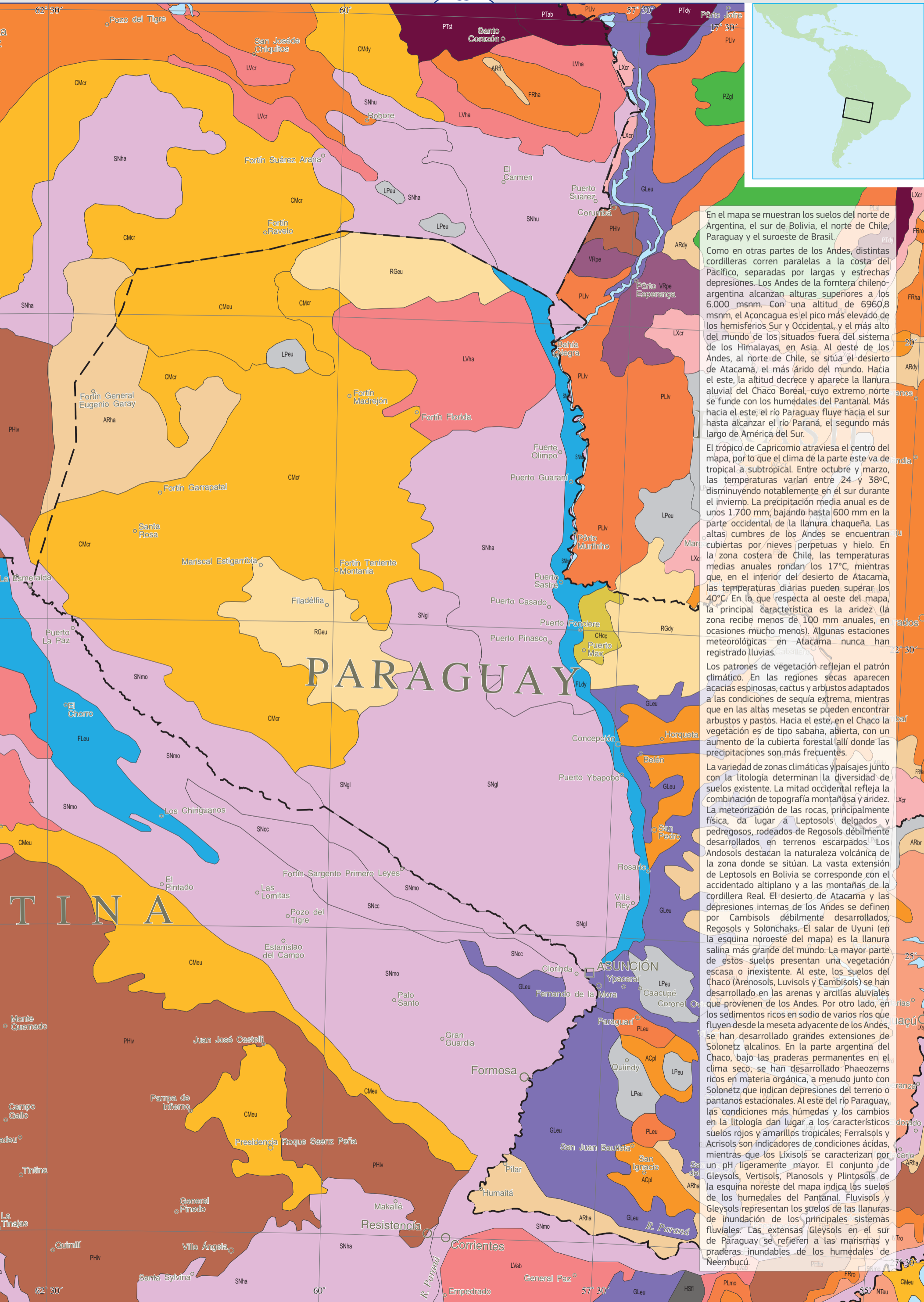




**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km  
 0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal



En el mapa se muestran los suelos del norte de Argentina, el sur de Bolivia, el norte de Chile, Paraguay y el suroeste de Brasil.

Como en otras partes de los Andes, distintas cordilleras corren paralelas a la costa del Pacífico, separadas por largas y estrechas depresiones. Los Andes de la frontera chileno-argentina alcanzan alturas superiores a los 6.000 msnm. Con una altitud de 6960,8 msnm, el Aconcagua es el pico más elevado de los hemisferios Sur y Occidental, y el más alto del mundo de los situados fuera del sistema de los Himalayas, en Asia. Al oeste de los Andes, al norte de Chile, se sitúa el desierto de Atacama, el más árido del mundo. Hacia el este, la altitud decrece y aparece la llanura aluvial del Chaco Boreal, cuyo extremo norte se funde con los humedales del Pantanal. Más hacia el este, el río Paraguay fluye hacia el sur hasta alcanzar el río Paraná, el segundo más largo de América del Sur.

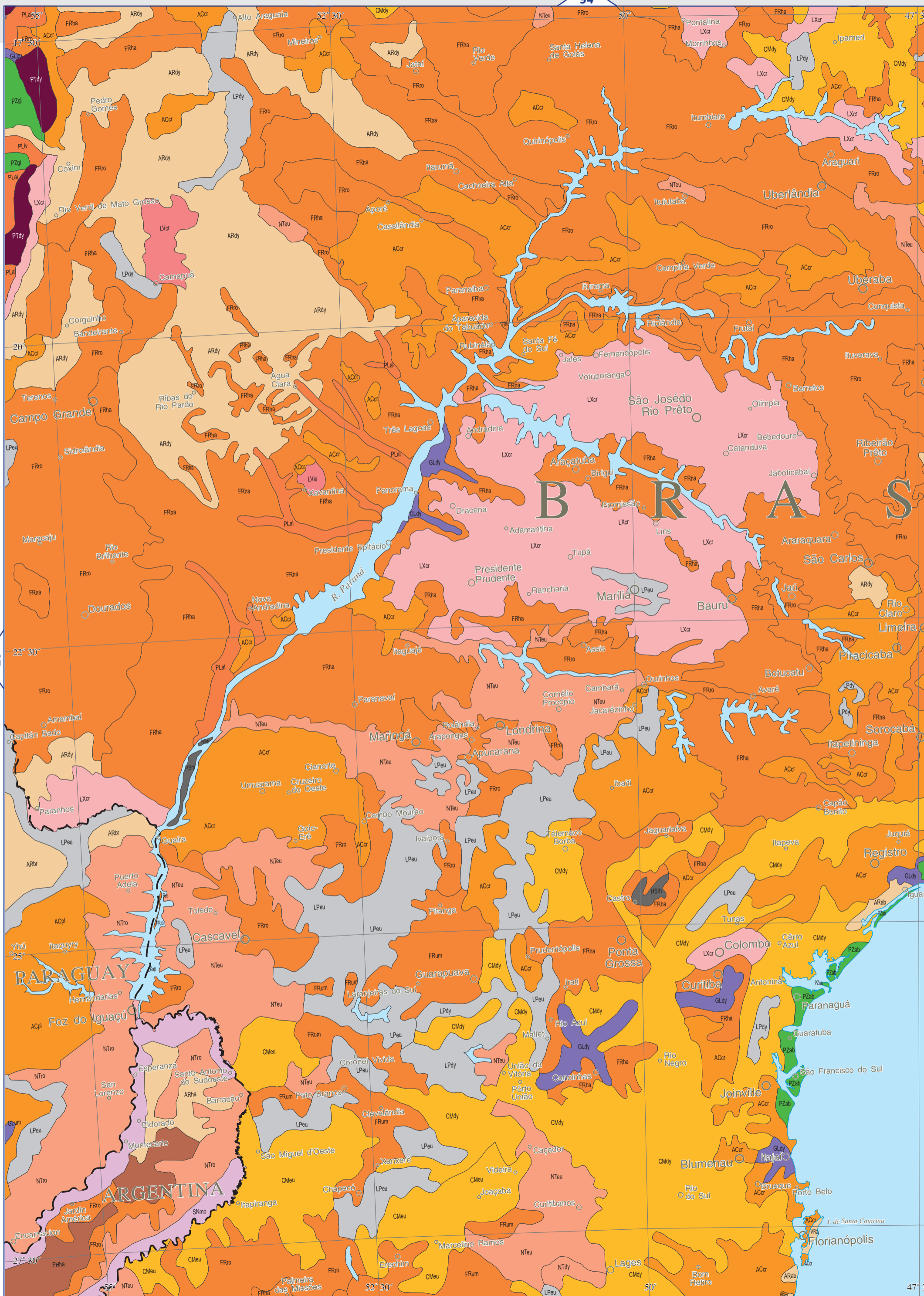
El trópico de Capricornio atraviesa el centro del mapa, por lo que el clima de la parte este va de tropical a subtropical. Entre octubre y marzo, las temperaturas varían entre 24 y 38°C, disminuyendo notablemente en el sur durante el invierno. La precipitación media anual es de unos 1.700 mm, bajando hasta 600 mm en la parte occidental de la llanura chaqueña. Las altas cumbres de los Andes se encuentran cubiertas por nieves perpetuas y hielo. En la zona costera de Chile, las temperaturas medias anuales rondan los 17°C, mientras que, en el interior del desierto de Atacama, las temperaturas diarias pueden superar los 40°C. En lo que respecta al oeste del mapa, la principal característica es la aridez (la zona recibe menos de 100 mm anuales, en ocasiones mucho menos). Algunas estaciones meteorológicas en Atacama nunca han registrado lluvias.

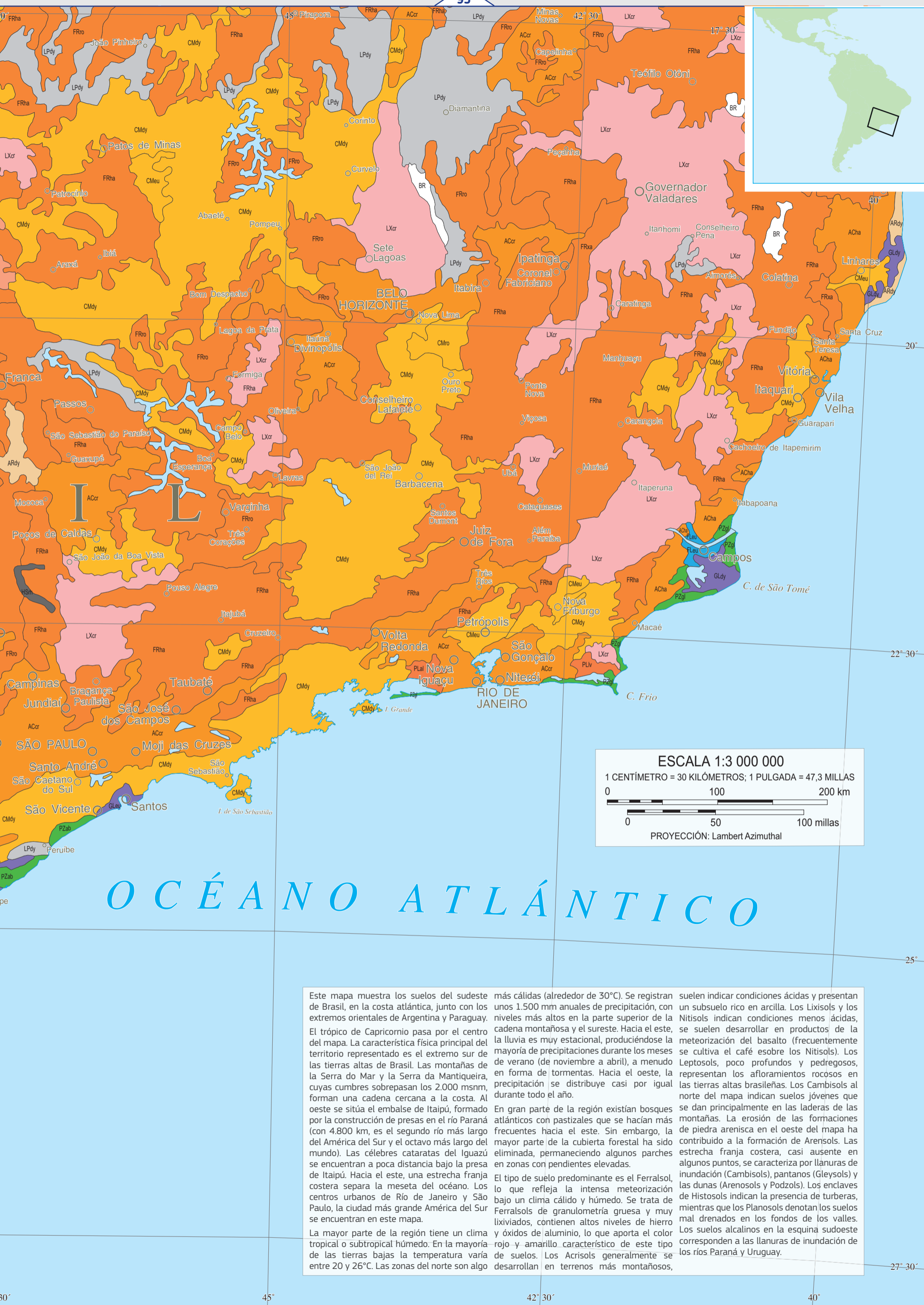
Los patrones de vegetación reflejan el patrón climático. En las regiones secas aparecen acacias espinosas, cactus y arbustos adaptados a las condiciones de sequía extrema, mientras que en las altas mesetas se pueden encontrar arbustos y pastos. Hacia el este, en el Chaco la vegetación es de tipo sabana, abierta, con un aumento de la cubierta forestal allí donde las precipitaciones son más frecuentes.

La variedad de zonas climáticas y paisajes junto con la litología determinan la diversidad de suelos existente. La mitad occidental refleja la combinación de topografía montañosa y aridez. La meteorización de las rocas, principalmente física, da lugar a Leptosols delgados y pedregosos, rodeados de Regosols débilmente desarrollados en terrenos escarpados. Los Andosols destacan la naturaleza volcánica de la zona donde se sitúan. La vasta extensión de Leptosols en Bolivia se corresponde con el accidentado altiplano y a las montañas de la cordillera Real. El desierto de Atacama y las depresiones internas de los Andes se definen por Cambisols débilmente desarrollados, Regosols y Solonchaks. El salar de Uyuni (en la esquina nroeste del mapa) es la llanura salina más grande del mundo. La mayor parte de estos suelos presentan una vegetación escasa o inexistente. Al este, los suelos del Chaco (Arenosols, Luvisols y Cambisols) se han desarrollado en las arenas y arcillas aluviales que provienen de los Andes. Por otro lado, en los sedimentos ricos en sodio de varios ríos que fluyen desde la meseta adyacente de los Andes, se han desarrollado grandes extensiones de Solonetz alcalinos. En la parte argentina del Chaco, bajo las praderas permanentes en el clima seco, se han desarrollado Phaeozems ricos en materia orgánica, a menudo junto con Solonetz que indican depresiones del terreno o pantanos estacionales. Al este del río Paraguay, las condiciones más húmedas y los cambios en la litología dan lugar a los característicos suelos rojos y amarillos tropicales; Ferralsols y Acrisols son indicadores de condiciones ácidas, mientras que los Lixisols se caracterizan por un pH ligeramente mayor. El conjunto de Gleysols, Vertisols y Plintisols de la esquina noreste del mapa indica los suelos de los humedales del Pantanal. Fluvisols y Gleysols representan los suelos de las llanuras de inundación de los principales sistemas fluviales. Las extensas Gleysols en el sur de Paraguay se refieren a las marismas y praderas inundables de los humedales de Neembucú.

# PARAGUAY

# TINIA





Este mapa muestra los suelos del sudeste de Brasil, en la costa atlántica, junto con los extremos orientales de Argentina y Paraguay. El trópico de Capricornio pasa por el centro del mapa. La característica física principal del territorio representado es el extremo sur de las tierras altas de Brasil. Las montañas de la Serra do Mar y la Serra da Mantiqueira, cuyas cumbres sobrepasan los 2.000 msnm, forman una cadena cercana a la costa. Al oeste se sitúa el embalse de Itaipú, formado por la construcción de presas en el río Paraná (con 4.800 km, es el segundo río más largo del América del Sur y el octavo más largo del mundo). Las célebres cataratas del Iguazú se encuentran a poca distancia bajo la presa de Itaipú. Hacia el este, una estrecha franja costera separa la meseta del océano. Los centros urbanos de Río de Janeiro y São Paulo, la ciudad más grande América del Sur se encuentran en este mapa.

La mayor parte de la región tiene un clima tropical o subtropical húmedo. En la mayoría de las tierras bajas la temperatura varía entre 20 y 26°C. Las zonas del norte son algo

más cálidas (alrededor de 30°C). Se registran unos 1.500 mm anuales de precipitación, con niveles más altos en la parte superior de la cadena montañosa y el sureste. Hacia el este, la lluvia es muy estacional, produciéndose la mayoría de precipitaciones durante los meses de verano (de noviembre a abril), a menudo en forma de tormentas. Hacia el oeste, la precipitación se distribuye casi por igual durante todo el año.

En gran parte de la región existían bosques atlánticos con pastizales que se hacían más frecuentes hacia el este. Sin embargo, la mayor parte de la cubierta forestal ha sido eliminada, permaneciendo algunos parches en zonas con pendientes elevadas.

El tipo de suelo predominante es el Ferralsol, lo que refleja la intensa meteorización bajo un clima cálido y húmedo. Se trata de Ferralsols de granulometría gruesa y muy lixiviados, contienen altos niveles de hierro y óxidos de aluminio, lo que aporta el color rojo y amarillo característico de este tipo de suelos. Los Acrisols generalmente se desarrollan

suelen indicar condiciones ácidas y presentan un subsuelo rico en arcilla. Los Lixisols y los Nitisols indican condiciones menos ácidas, se suelen desarrollar en productos de la meteorización del basalto (frecuentemente se cultiva el café sobre los Nitisols). Los Leptosols, poco profundos y pedregosos, representan los afloramientos rocosos en las tierras altas brasileñas. Los Cambisols al norte del mapa indican suelos jóvenes que se dan principalmente en las laderas de las montañas. La erosión de las formaciones de piedra arenisca en el oeste del mapa ha contribuido a la formación de Arenosols. Las estrecha franja costera, casi ausente en algunos puntos, se caracteriza por llanuras de inundación (Cambisols), pantanos (Gleysols) y las dunas (Arenosols y Podzols). Los enclaves de Histosols indican la presencia de turberas, mientras que los Planosols denotan los suelos mal drenados en los fondos de los valles. Los suelos alcalinos en la esquina sudoeste corresponden a las llanuras de inundación de los ríos Paraná y Uruguay.



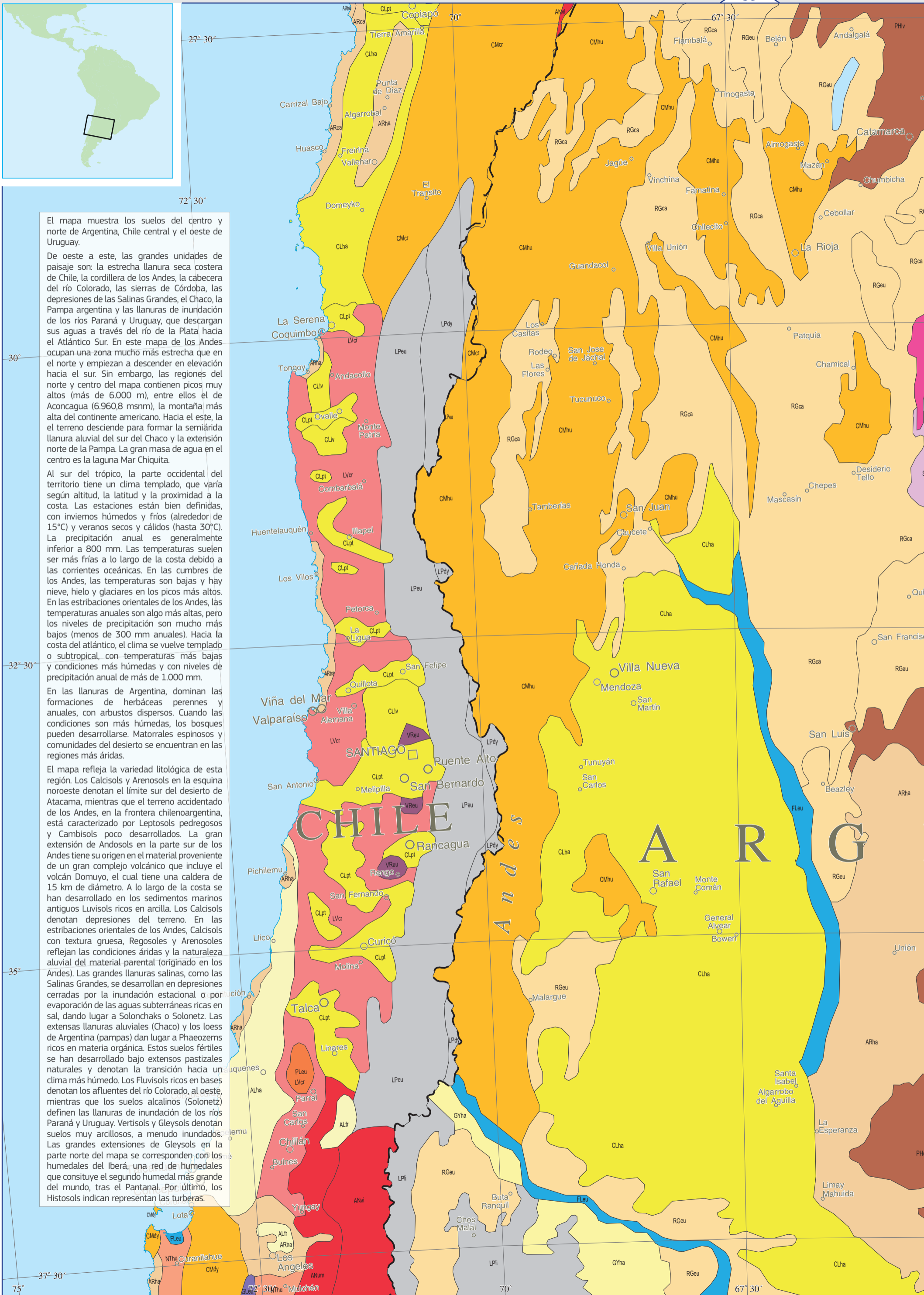
El mapa muestra los suelos del centro y norte de Argentina, Chile central y el oeste de Uruguay.

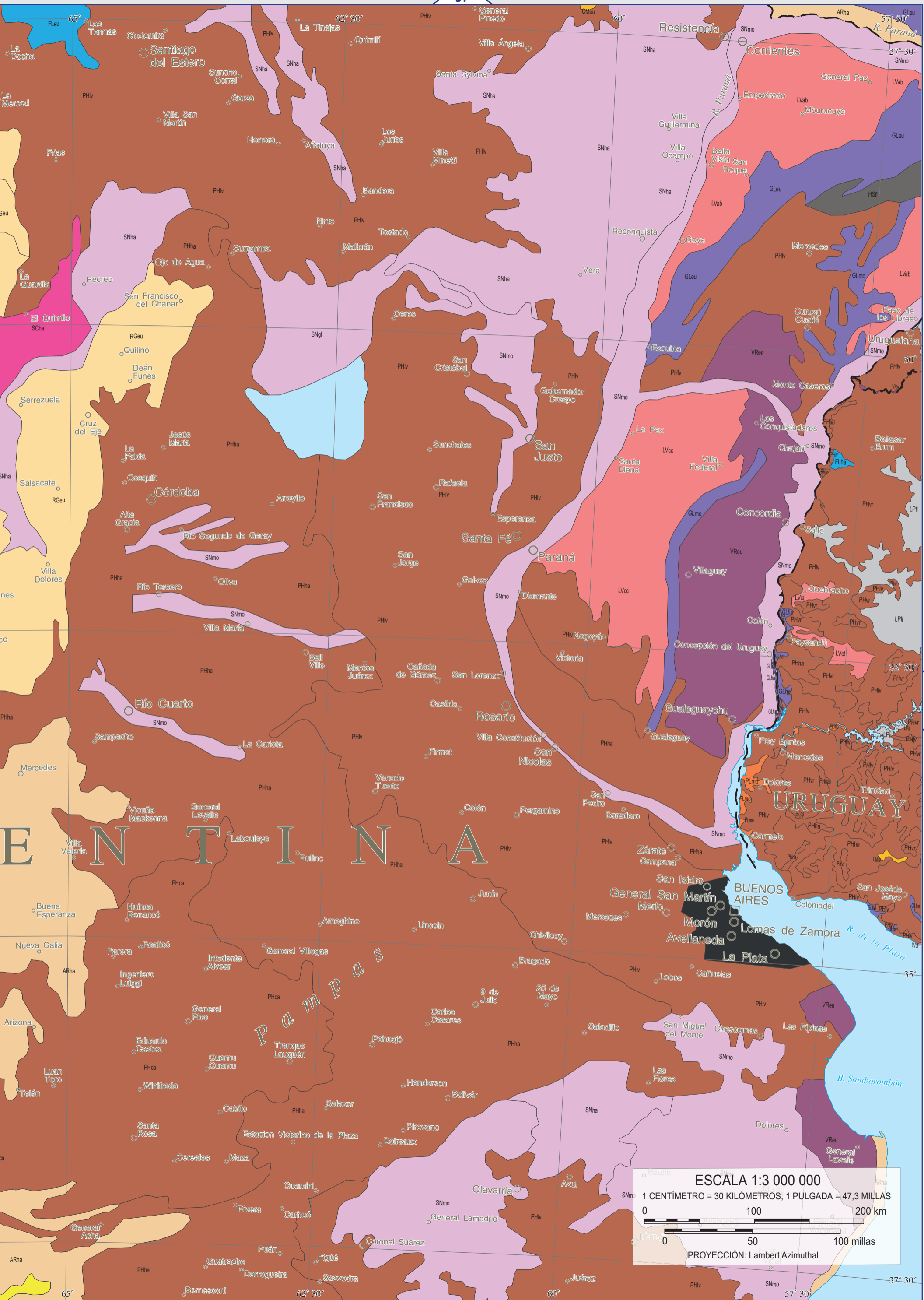
De oeste a este, las grandes unidades de paisaje son: la estrecha llanura seca costera de Chile, la cordillera de los Andes, la cabecera del río Colorado, las sierras de Córdoba, las depresiones de las Salinas Grandes, el Chaco, la Pampa argentina y las llanuras de inundación de los ríos Paraná y Uruguay, que descargan sus aguas a través del río de la Plata hacia el Atlántico Sur. En este mapa de los Andes ocupan una zona mucho más estrecha que en el norte y empiezan a descender en elevación hacia el sur. Sin embargo, las regiones del norte y centro del mapa contienen picos muy altos (más de 6.000 m), entre ellos el de Aconcagua (6.960,8 msnm), la montaña más alta del continente americano. Hacia el este, el terreno desciende para formar la semiárida llanura aluvial del sur del Chaco y la extensión norte de la Pampa. La gran masa de agua en el centro es la laguna Mar Chiquita.

Al sur del trópico, la parte occidental del territorio tiene un clima templado, que varía según altitud, la latitud y la proximidad a la costa. Las estaciones están bien definidas, con inviernos húmedos y fríos (alrededor de 15°C) y veranos secos y cálidos (hasta 30°C). La precipitación anual es generalmente inferior a 800 mm. Las temperaturas suelen ser más frías a lo largo de la costa debido a las corrientes oceánicas. En las cumbres de los Andes, las temperaturas son bajas y hay nieve, hielo y glaciares en los picos más altos. En las estribaciones orientales de los Andes, las temperaturas anuales son algo más altas, pero los niveles de precipitación son mucho más bajos (menos de 300 mm anuales). Hacia la costa del atlántico, el clima se vuelve templado o subtropical, con temperaturas más bajas y condiciones más húmedas y con niveles de precipitación anual de más de 1.000 mm.

En las llanuras de Argentina, dominan las formaciones de herbáceas perennes y anuales, con arbustos dispersos. Cuando las condiciones son más húmedas, los bosques pueden desarrollarse. Matorrales espinosos y comunidades del desierto se encuentran en las regiones más áridas.

El mapa refleja la variedad litológica de esta región. Los Calcisols y Arenosols en la esquina noroeste denotan el límite sur del desierto de Atacama, mientras que el terreno accidentado de los Andes, en la frontera chilenoargentina, está caracterizado por Leptosols pedregosos y Cambisols poco desarrollados. La gran extensión de Andosols en la parte sur de los Andes tiene su origen en el material proveniente de un gran complejo volcánico que incluye el volcán Domuyo, el cual tiene una caldera de 15 km de diámetro. A lo largo de la costa se han desarrollado en los sedimentos marinos antiguos Luvisols ricos en arcilla. Los Calcisols denotan depresiones del terreno. En las estribaciones orientales de los Andes, Calcisols con textura gruesa, Regosoles y Arenosols reflejan las condiciones áridas y la naturaleza aluvial del material parental (originado en los Andes). Las grandes llanuras salinas, como las Salinas Grandes, se desarrollan en depresiones cerradas por la inundación estacional o por evaporación de las aguas subterráneas ricas en sal, dando lugar a Solonchaks o Solonetz. Las extensas llanuras aluviales (Chaco) y los loess de Argentina (pampas) dan lugar a Phaeozems ricos en materia orgánica. Estos suelos fértiles se han desarrollado bajo extensos pastizales naturales y denotan la transición hacia un clima más húmedo. Los Fluvisols ricos en bases denotan los afluentes del río Colorado, al oeste, mientras que los suelos alcalinos (Solonetz) definen las llanuras de inundación de los ríos Paraná y Uruguay. Vertisols y Gleysols denotan suelos muy arcillosos, a menudo inundados. Las grandes extensiones de Gleysols en la parte norte del mapa se corresponden con los humedales del Iberá, una red de humedales que constituye el segundo humedal más grande del mundo, tras el Pantanal. Por último, los Histosols indican representen las turberas.



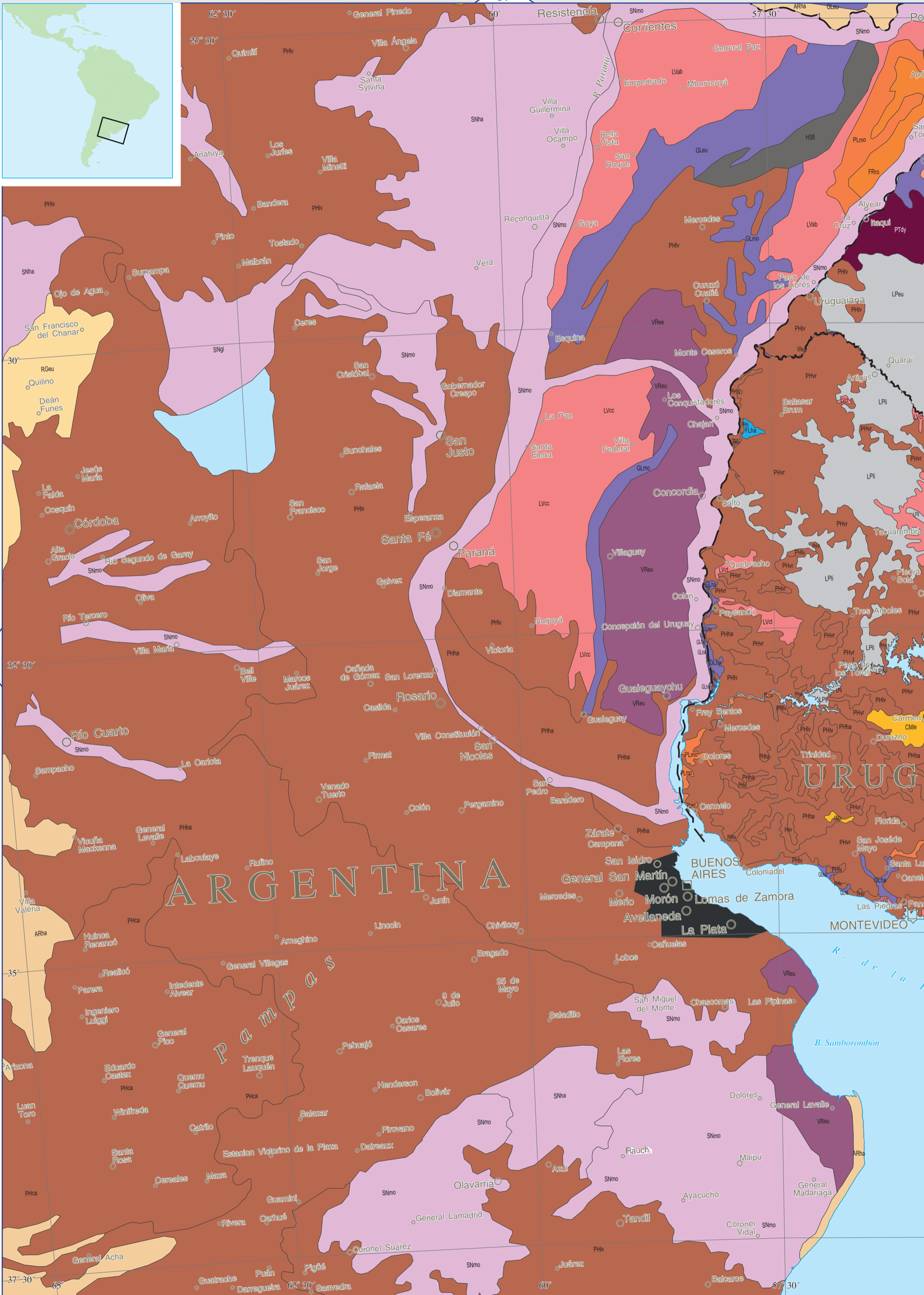


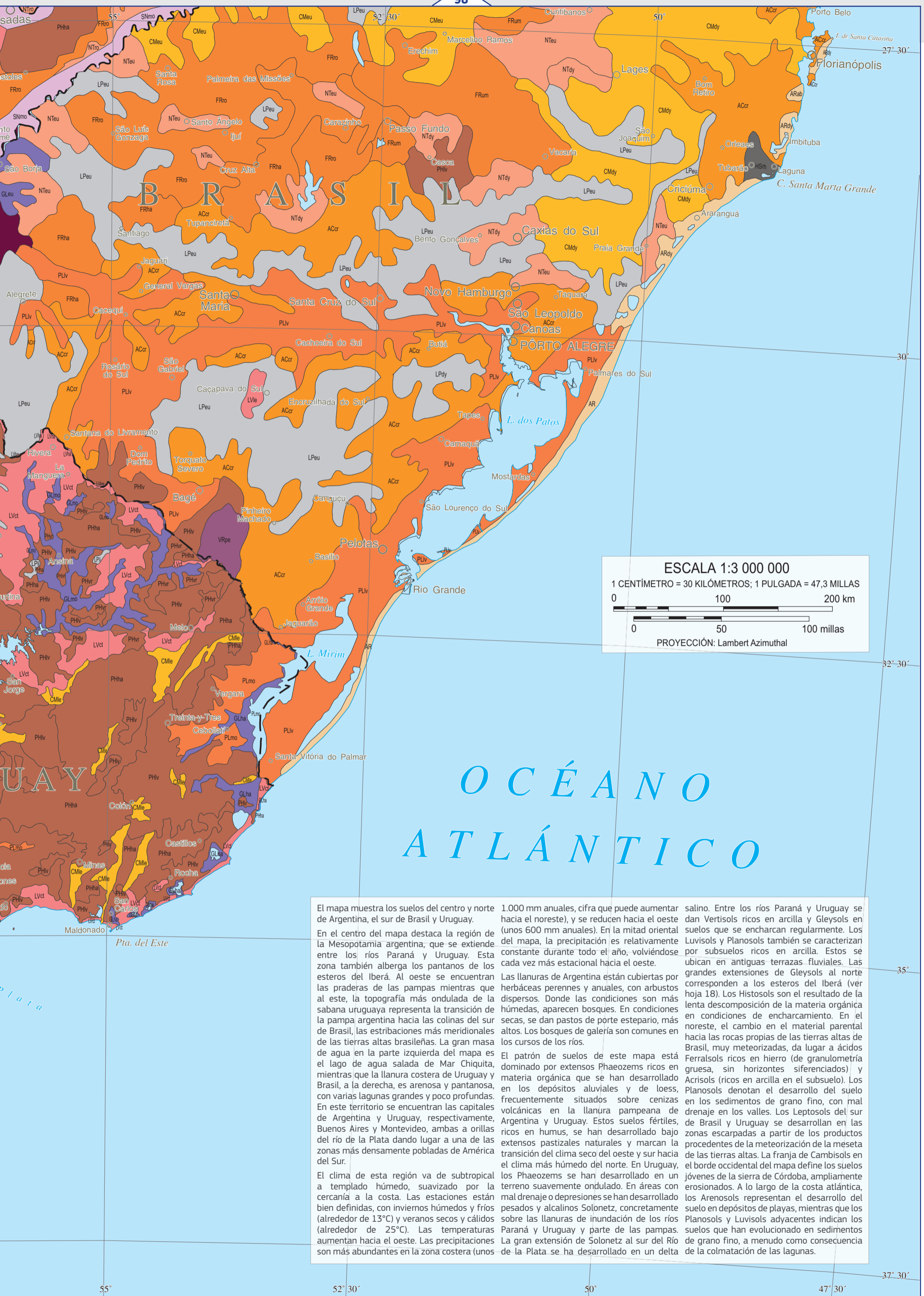
**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km

0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimutal





El mapa muestra los suelos del centro y norte de Argentina, el sur de Brasil y Uruguay.

En el centro del mapa destaca la región de la Mesopotamia argentina, que se extiende entre los ríos Paraná y Uruguay. Esta zona también alberga los pantanos de los esteros del Iberá. Al oeste se encuentran las praderas de las pampas mientras que al este, la topografía más ondulada de la sabana uruguaya representa la transición de la pampa argentina hacia las colinas del sur de Brasil, las estribaciones más meridionales de las tierras altas brasileñas. La gran masa de agua en la parte izquierda del mapa es el lago de agua salada de Mar Chiquita, mientras que la llanura costera de Uruguay y Brasil, a la derecha, es arenosa y pantanosa, con varias lagunas grandes y poco profundas. En este territorio se encuentran las capitales de Argentina y Uruguay, respectivamente, Buenos Aires y Montevideo, ambas a orillas del río de la Plata dando lugar a una de las zonas más densamente pobladas de América del Sur.

El clima de esta región va de subtropical a templado húmedo, suavizado por la cercanía a la costa. Las estaciones están bien definidas, con inviernos húmedos y fríos (alrededor de 13°C) y veranos secos y cálidos (alrededor de 25°C). Las temperaturas aumentan hacia el oeste. Las precipitaciones son más abundantes en la zona costera (unos

1.000 mm anuales, cifra que puede aumentar hacia el noreste), y se reducen hacia el oeste (unos 600 mm anuales). En la mitad oriental del mapa, la precipitación es relativamente constante durante todo el año, volviéndose cada vez más estacional hacia el oeste.

Las llanuras de Argentina están cubiertas por herbáceas perennes y anuales, con arbustos dispersos. Donde las condiciones son más húmedas, aparecen bosques. En condiciones secas, se dan pastos de porte estepario, más altos. Los bosques de galería son comunes en los cursos de los ríos.

El patrón de suelos de este mapa está dominado por extensos Phaeozems ricos en materia orgánica que se han desarrollado en los depósitos aluviales y de loess, frecuentemente situados sobre cenizas volcánicas en la llanura pampeana de Argentina y Uruguay. Estos suelos fértiles, ricos en humus, se han desarrollado bajo extensos pastizales naturales y marcan la transición del clima seco del oeste y sur hacia el clima más húmedo del norte. En Uruguay, los Phaeozems se han desarrollado en un terreno suavemente ondulado. En áreas con mal drenaje o depresiones se han desarrollado pesados y alcalinos Solonetz, concretamente sobre las llanuras de inundación de los ríos Paraná y Uruguay y parte de las pampas. La gran extensión de Solonetz al sur del Río de la Plata se ha desarrollado en un delta

salino. Entre los ríos Paraná y Uruguay se dan Vertisols ricos en arcilla y Gleysols en suelos que se encharcan regularmente. Los Luvisols y Planosols también se caracterizan por subsuelos ricos en arcilla. Estos se ubican en antiguas terrazas fluviales. Las grandes extensiones de Gleysols al norte corresponden a los esteros del Iberá (ver hoja 18). Los Histosols son el resultado de la lenta descomposición de la materia orgánica en condiciones de encharcamiento. En el noreste, el cambio en el material parental hacia las rocas propias de las tierras altas de Brasil, muy meteorizadas, da lugar a ácidos Ferralsols ricos en hierro (de granulometría gruesa, sin horizontes siferenciados) y Acrisols (ricos en arcilla en el subsuelo). Los Planosols denotan el desarrollo del suelo en los sedimentos de grano fino, con mal drenaje en los valles. Los Luvisols del sur de Brasil y Uruguay se desarrollan en las zonas escarpadas a partir de los productos procedentes de la meteorización de la meseta de las tierras altas. La franja de Cambisols en el borde occidental del mapa define los suelos jóvenes de la sierra de Córdoba, ampliamente erosionados. A lo largo de la costa atlántica, los Arenosols representan el desarrollo del suelo en depósitos de playas, mientras que los Planosols y Luvisols adyacentes indican los suelos que han evolucionado en sedimentos de grano fino, a menudo como consecuencia de la colmatación de las lagunas.







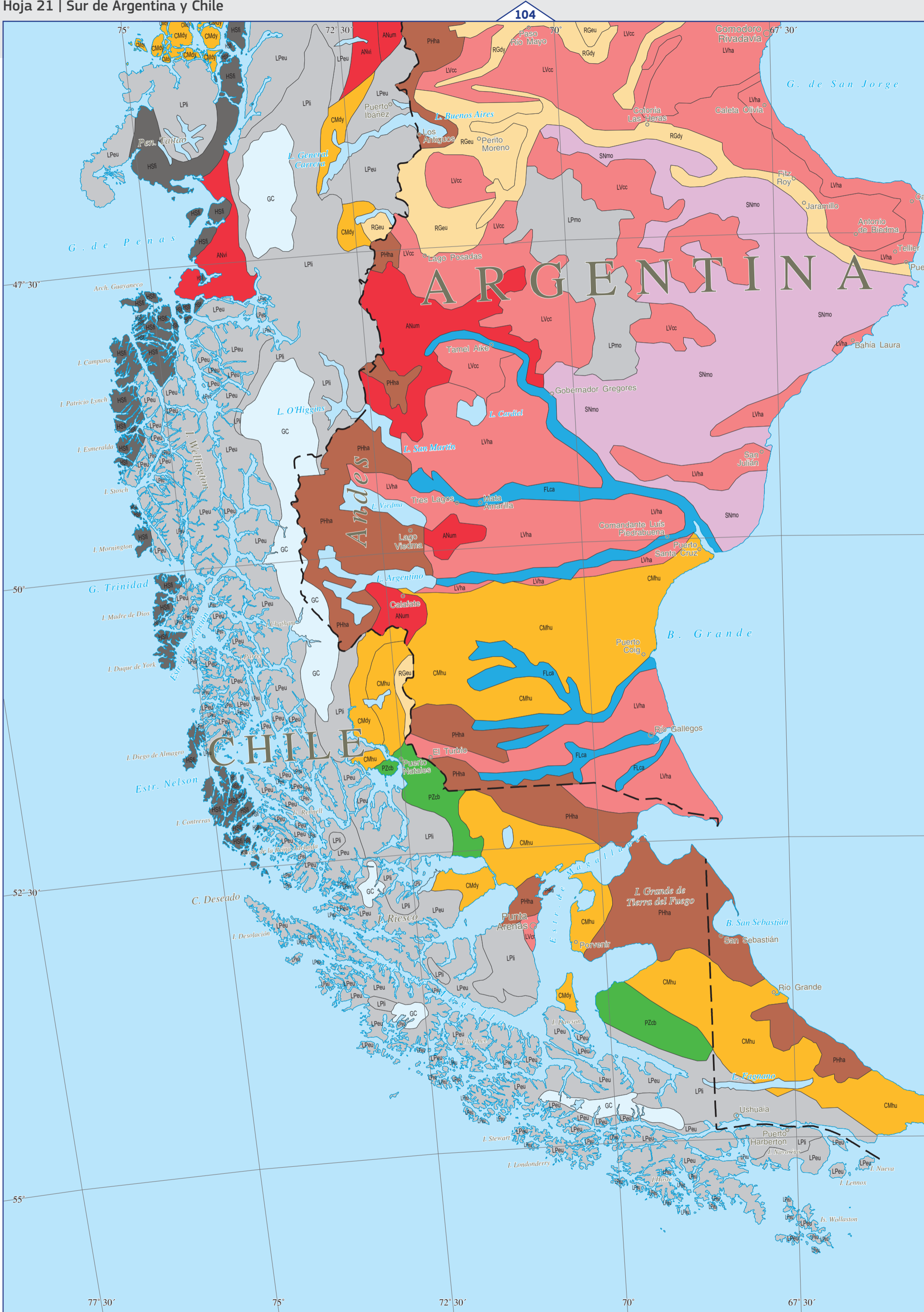
El mapa muestra los suelos del centro-sur de Argentina y Chile, la parte norte de la región conocida como Patagonia. Después de las hojas de Centroamérica, las costas atlántica y pacífica se encuentran en la misma hoja cartográfica de nuevo. Las llanuras semiáridas de la Patagonia ganan altura hacia los picos glaciares de los Andes, al oeste. Estas planicies están interrumpidas por profundos valles, muchos de ellos secos. En la parte chilena, el terreno es escarpado. Con una altitud de 3.470 msnm, el volcán extinto del monte Tronador es el punto más alto, aunque existen otros picos por encima de los 3.000 m. Hacia el sur, la altura de las montañas desciende hasta unos 2.000 msnm, y aparecen numerosos fiordos y cauces. En la frontera entre Argentina y Chile, una extensa actividad volcánica ha dado lugar a grandes acantilados de basalto, flujos de lava y conos volcánicos. Existen varios grandes lagos ubicados en valles glaciares, represados por las morrenas (es el caso del lago Nahuel Huapi). Fluyendo de oeste a este, el río Negro y el Colorado denotan el límite sur de la Pampa y la transición hacia condiciones mucho más secas.

Las zonas del este y el norte del mapa se caracterizan por tener un clima semiárido, con temperaturas medias anuales entre 12 y 20°C (estas cifras enmascaran temperaturas estivales que superan los 35°C e invernales bajo cero). La precipitación anual varía entre 100 y 450 mm. Los vientos fuertes, de componente suroeste, son secos y fríos. Hacia el oeste, la costa de Chile tiene un clima oceánico frío, con temperaturas medias anuales ligeramente más bajas que las del lado argentino pero con precipitaciones mayores (la media anual es de unos 2.000 mm, pero se han llegado a registrar más de 7.000 mm). Hacia el sur, el clima se vuelve cada vez más oceánico. Al norte del río Negro, el patrón de suelo está dominado por Phaeozems ricos en materia orgánica que se han desarrollado en los depósitos aluviales y loess de la llanura pampeana. El incremento en aridez da lugar a suelos con alto contenido en carbonato de calcio (Calcisols), yeso (Gypsisols) y gravas (Regosols). Las depresiones en la meseta patagónica junto con sedimentos marinos antiguos forman Solonetz ricos en arcilla y en sodio. Las llanuras secas se caracterizan

por la presencia de Regosols, mientras que los cursos fluviales albergan Fluvisols desarrollados en arenas gruesas y gravas aluviales. El desgaste de los afloramientos rocosos andinos da lugar a Leptosols y Regosols pedregosos y delgados, mientras que las extensiones de terreno volcánico, predominantemente basáltico, da lugar a un conjunto de Andosols, Nitisols, Luvisols, Leptosols y Cambisols. Al sur del río Negro, los suelos se vuelven cada vez más áridos y pedregosos y aparecen vastas extensiones de gravas fluviales ("grava patagónica"), generalmente en terreno llano. Los Luvisols generalmente denotan terrazas fluviales o elevaciones intercaladas en las planicies. Los Solonetz y Solonchaks indican suelos de granó fino, salinos, situados en depresiones del terreno poco profundas. Las extensiones de Arenosols en todo el mapa corresponden a campos de dunas, especialmente a lo largo de la costa. Las condiciones cada vez más frías y húmedas a lo largo de la costa del Pacífico favorecen la formación de turba, dando lugar a la formación de Histosols.

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

PROYECCIÓN: Lambert Azimutal





# OCÉANO ATLÁNTICO

**ESCALA 1:3 000 000**  
 1 CENTÍMETRO = 30 KILÓMETROS; 1 PULGADA = 47,3 MILLAS

0 100 200 km

0 50 100 millas

PROYECCIÓN: Lambert Azimuthal

El mapa muestra los suelos del sur de Argentina y Chile, la parte sur de la Patagonia. También aparece el archipiélago de Tierra del Fuego, separado de la parte continental de América del Sur por el estrecho de Magallanes. Marca el extremo sur de los Andes.

El célebre Cabo de Hornos, al sur de Tierra del Fuego (situado a 55° 58'47" S, en la Isla Hornos), es el punto más austral del continente. Las aguas en torno al Cabo son particularmente peligrosas, debido a sus fuertes vientos y oleaje y la presencia de icebergs. Aunque algunos picos de Tierra del Fuego alcanzan los 2.500 msnm, la parte de los Andes que aparece en el mapa presenta altitudes mucho menores que las de parte norte de la cordillera. No obstante, la mayoría de las montañas tienen nieves perpetuas y existen muchos glaciares. Al este de los Andes, aparecen las llanuras del sur de la Patagonia, que se componen de una serie de amplias terrazas y están atravesadas por ríos y valles amplios y profundos. Estos incluyen, de norte a sur, los ríos Deseado, Santa Cruz, Coig y Gallegos. A 105 m bajo el nivel del mar, la cuenca salina de la Laguna del Carbón, en la provincia de Santa Cruz (Argentina), es el punto más bajo del hemisferio sur. Los glaciares en la frontera Chile-Argentina corresponden a la capa de hielo patagónico, la mayor capa de hielo fuera de la Antártida y Groenlandia.

La región presenta un clima cada vez más frío y húmedo a medida que se avanza hacia el suroeste. En la parte oriental del mapa, las temperaturas estivales varían entre 18 y 21°C, mientras que las invernales van de 4 a 7°C. Pese a la aridez de la región (se registran entre 200 y 300 mm de precipitaciones anuales), las precipitaciones en forma de nieve son comunes en el invierno. Las temperaturas en el interior son ligeramente inferiores pero con mayores rangos diarios. En el altiplano el clima es mucho más frío, con fuertes vientos y heladas frecuentes. El clima de la región andina está influenciado por el océano Pacífico, lo que se traduce en mayor humedad y precipitaciones más abundantes. Hacia el sur, el clima se vuelve cada vez más extremo (registrando más de 5.000 mm de precipitaciones) y extremadamente variable. Los veranos en Tierra del Fuego son cortos y frescos, mientras que los inviernos son largos, húmedos y moderadamente suaves. La precipitación en el oeste es muy alta, disminuyendo rápidamente hacia la parte oriental.

Las islas más australes poseen un clima subantártico típico de la tundra que hace imposible el crecimiento de los árboles. Algunas zonas del interior tienen un clima polar.

El patrón de suelo al oeste del mapa refleja la interacción entre las zonas altas andinas, la erosión de los afloramientos rocosos y el clima oceánico, húmedo y frío, lo que imposibilita la formación de los suelos maduros. Los Leptosols poco profundos, pedregosos y ricos en bases están muy extendidos en los Andes chilenos. Por otro lado, sobre depósitos piroclásticos como cenizas volcánicas, se desarrollan Andosols ricos en materia orgánica. Las turberas (Histosols) son comunes en las condiciones más húmedas a lo largo de la costa chilena. En Tierra del Fuego, en los sedimentos de textura gruesa bajo bosques semidecíduos se encuentran Podzols altamente lixiviados. La zona este de los Andes es una estepa seca dominada por un paisaje de basalto erosionado y mesetas sedimentarias. Una capa fina de arcilla y arenas de origen eólico acumulada en las mesetas volcánicas da lugar a Luvisols y Cambisols neutros. En los valles que preceden la cordillera de los Andes y en las terrazas llanas del extremo sur, se desarrollan Phaeozems bajo pastizales permanentes, en arcillas, arenas y gravas de origen fluvial y fluvio-glacial. Los Solonetz representan la formación del suelo en depresiones cerradas o bien en depósitos marinos recientes, ricos en sodio. Por último, los Gleysols y los Fluvisols, ambos afectados por el agua, indican la ubicación de los valles de los principales ríos, mientras que los Leptosols representan las sierras aisladas. Aunque no se muestra en el mapa debido a la escala, de importancia local son los Criosols, suelos que albergan una capa de hielo permanente en los niveles superficiales del suelo (permafrost).

El mapa muestra los suelos de las islas del oeste de las Antillas Mayores (Cuba y Jamaica) y el archipiélago de las Bahamas (ver hoja 5 para obtener una descripción de pequeña escala).

Las Antillas Mayores se ubican entre el mar Caribe y el océano Atlántico. Al norte, las islas de las Bahamas se encuentran en un banco poco profundo del Atlántico, separadas de América del Norte continental y de las islas al sur por profundos canales. La elevación de las Bahamas es baja (la altitud máxima es de 63 msnm, muchas de las islas están a menos de 20 msnm). En su mayoría están formadas por coral, arena de origen eólico y piedra caliza. Cuba, a pesar de ser la 17ª isla más grande del mundo, es en realidad un archipiélago (que incluye la Isla de la Juventud y decenas de otras más pequeñas). En su mayor parte, la orografía cubana está formada por llanuras suavemente onduladas o planas, aunque existen áreas montañosas, la más elevada, la Sierra Maestra cuyo punto culminante alcanza los 1996 msnm. En comparación, Jamaica es una isla mucho más montañosa, con picos que sobrepasan los 2.000 msnm.

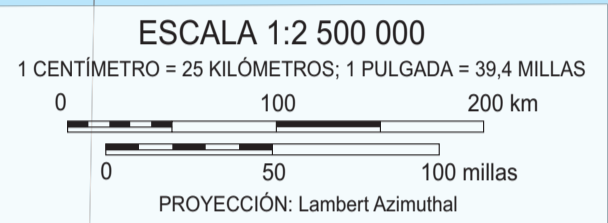
El clima en el norte de esta zona es subtropical, volviéndose tropical hacia el sur,

aunque modificado de manera significativa por las corrientes de agua tales como la corriente del Golfo, los vientos alisios y, en menor medida, la elevación del terreno. La temperatura diaria media anual, en la mayor parte de la región es de unos 23°C, aumentando ligeramente hacia el sur. La precipitación anual es moderada (1.400 mm). Las tormentas tropicales (huracanes) son comunes entre junio y noviembre.

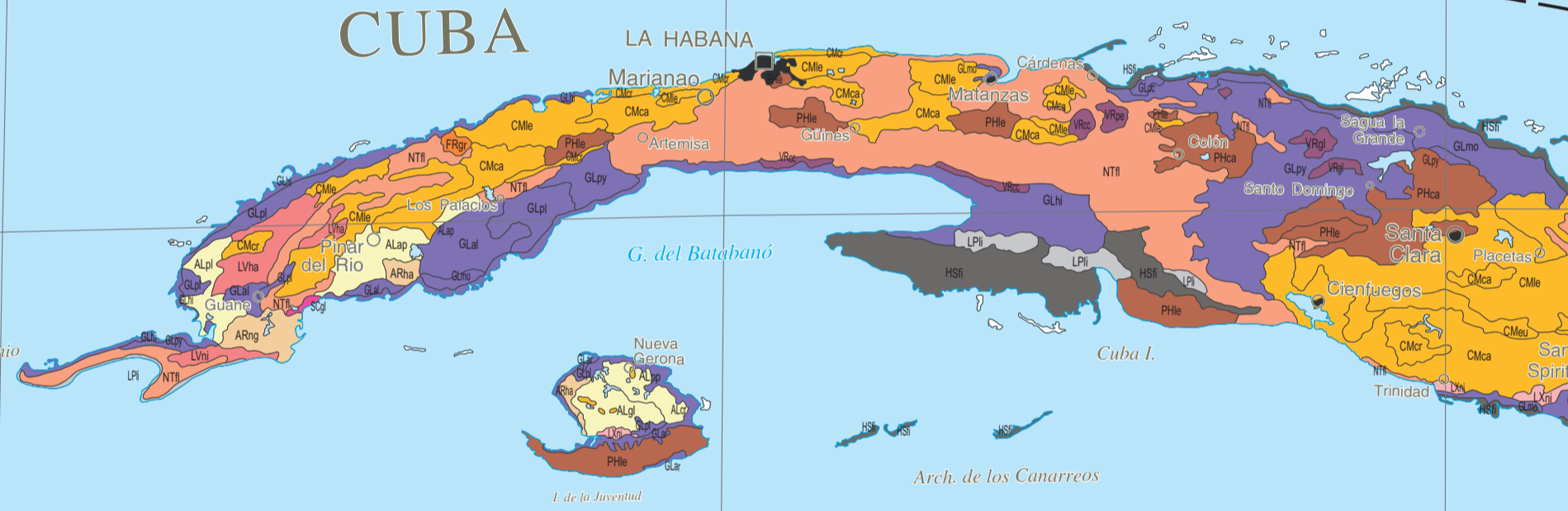
A pesar de que se conservan bosques naturales, gran parte de la vegetación de las tierras bajas se ha eliminado en favor de la agricultura, y la degradación constituye, por lo general, un factor limitante de su productividad.

El patrón de suelo de las diversas islas refleja la interacción entre la litología, el clima tropical y la topografía. Las islas no volcánicas de las Bahamas están caracterizadas principalmente por Regosols y Leptosols poco desarrollados, a menudo arenosos y calcáreos. La formación del suelo en Cuba y Jamaica refleja una historia geológica más compleja, dando lugar a una diversa asociación de tipos de suelo. Cuba quedó como parte del plato tectónico de Norteamérica y cuenta con una amplia variedad de suelos principalmente desarrollados sobre roca caliza. Mientras

que Jamaica, La Española y Puerto Rico se mantuvieron en el plato tectónico del Caribe y comparten similares historias geológicas y materiales parentales de sus suelos. En estas regiones bajo clima lluvioso y altas temperaturas se formaron suelos muy evolucionados, profundos y desaturados (Ferralsols, Alisols, y Acrisols). De importancia agrícola por su productividad son los Nitisols, suelos rojos, profundos y ricos en arcilla. Los suelos jóvenes en terrenos frecuentemente erosionados, están representados por Leptosols poco profundos y Cambisols (muy abundantes en Cuba). Los Phaeozems, con capas gruesas ricas en materia orgánica, suelen aparecer en las estribaciones de las cadenas montañosas e indican el desarrollo de suelos relativamente maduros en material coluvial. Los suelos aluviales de las llanuras costeras y de los valles son profundos, de textura franca y ricos en arcilla aluvial, a menudo mal drenados. Estas condiciones, en las que con frecuencia ocurren procesos de hidromorfia, dieron lugar al desarrollo de Vertisols, Gleysols y Fluvisols y a la formación de turba (Histosols). Por último, los Arenosols son suelos de granulometría gruesa y por lo general, de alta permeabilidad y baja capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes.

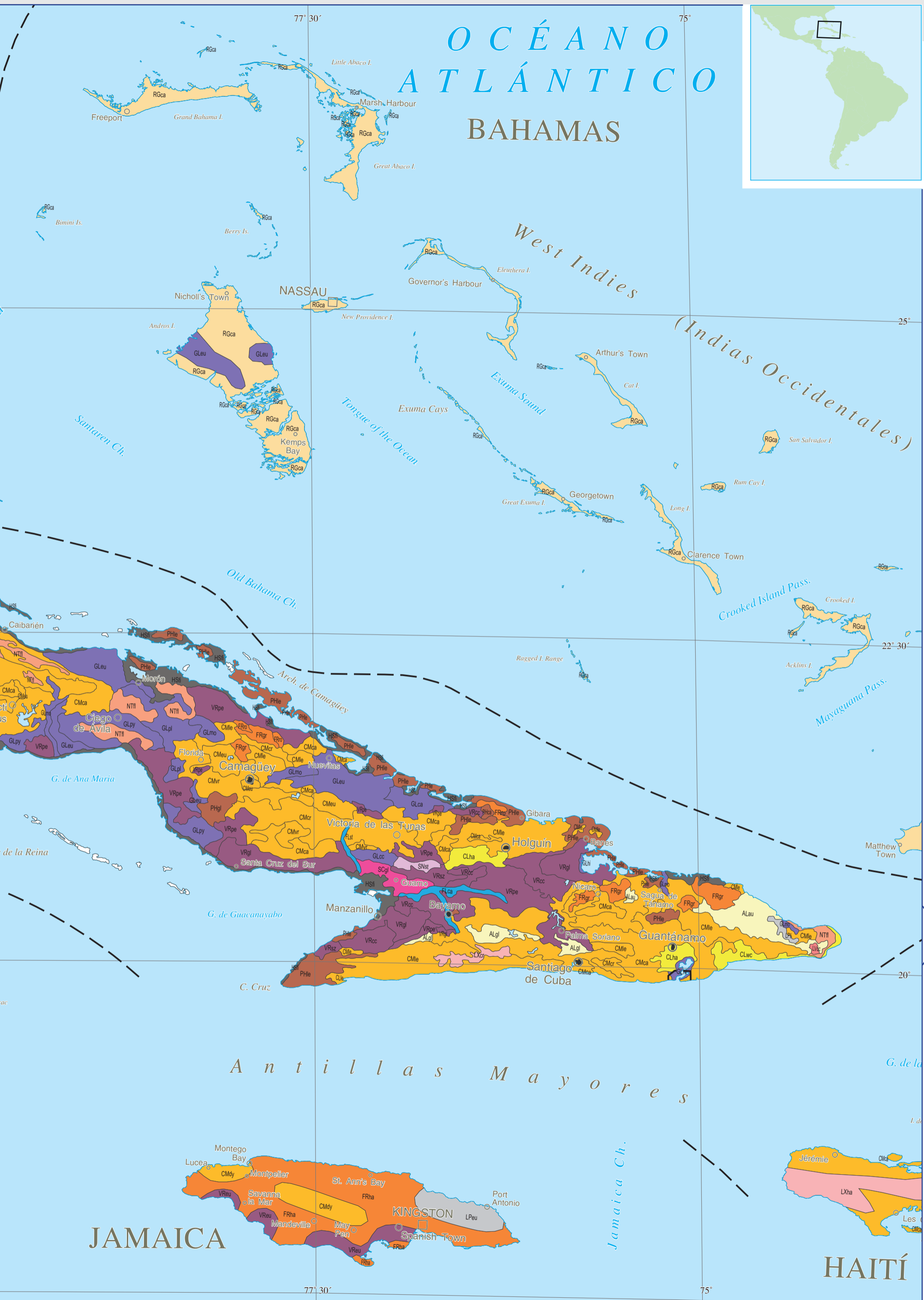


# CUBA



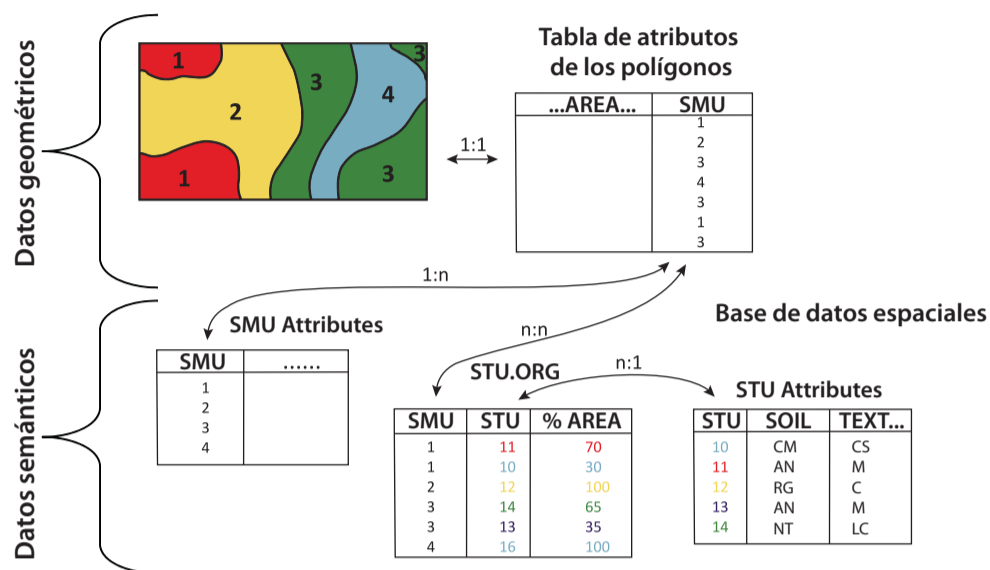
# Mar Caribe





## Mapas de las propiedades del suelo en LAC

En las páginas siguientes se muestra una serie de mapas generales que describen las propiedades más importantes del suelo en LAC. Los mapas han sido elaborados a partir de los datos contenidos en la base de datos SOTERLAC [46, 47]. En ellos se presentan los datos de las propiedades para el tipo de suelo dominante dentro de cada unidad (es decir, el suelo que ocupa el mayor porcentaje de área). Debe considerarse entonces que sólo una parte de la unidad tendrá la característica asignada (a menos que haya un solo tipo de suelo). La escala utilizada en estos mapas (muy pequeña) enmascara inevitablemente las condiciones locales específicas. Sin embargo, los patrones generales regionales son útiles a la hora de representar la situación general de los suelos.



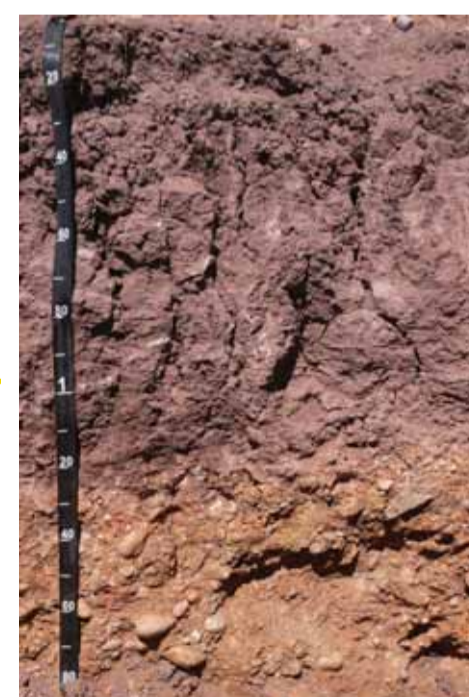
Arriba: el diagrama muestra la relaciones entre las unidades cartográficas (SMU), los tipos de suelos (STU) y las propiedades de los suelos (ej. TEXT para la textura). (JRC)



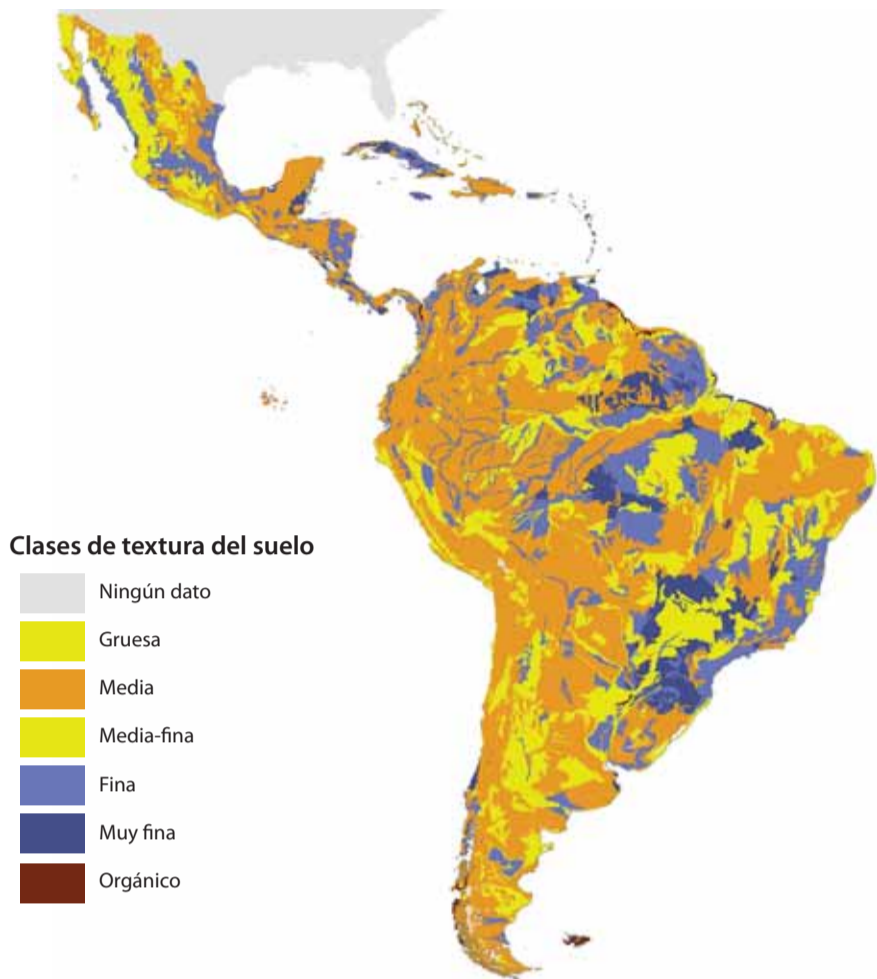
Esta unidad cartográfica está caracterizada por tres tipos de suelo distintos: Acrisol (arriba a la izquierda), Ferralsol (arriba a la derecha) y Leptosol (sobre estas líneas). (JNR)



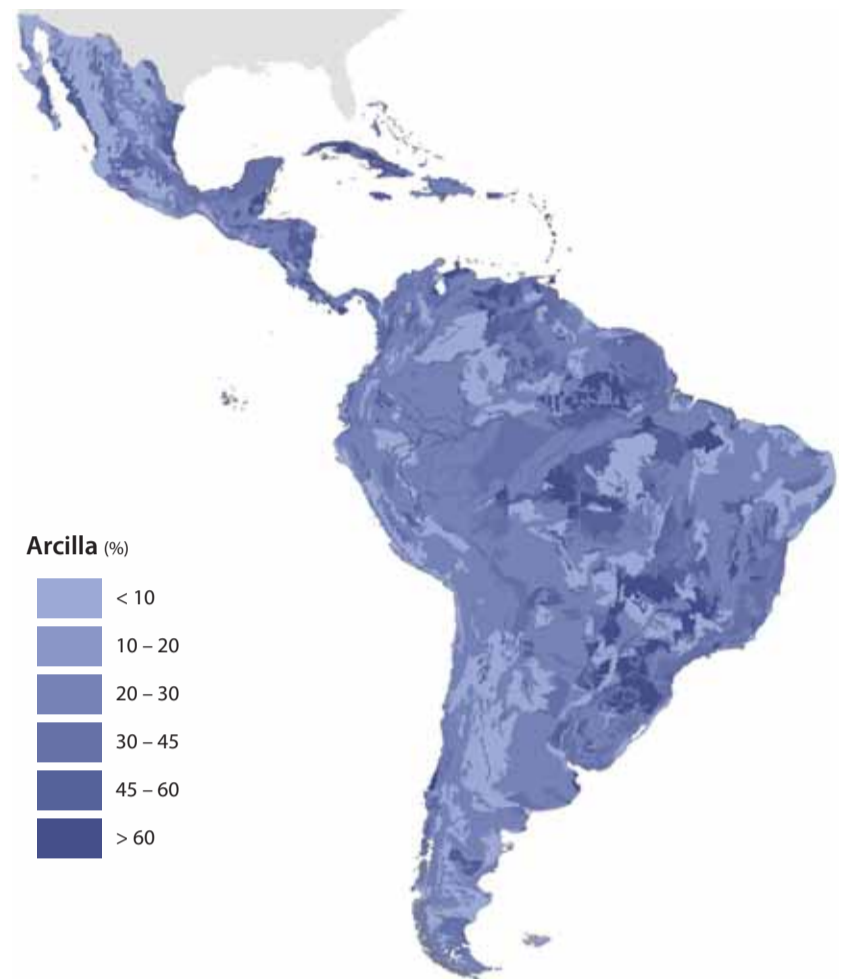
Como se muestra en el mapa, cada unidad cartográfica de SOTERLAC puede contener más de un tipo de suelo. Si bien las ubicaciones geográficas de los distintos tipos de suelo dentro de cada unidad no están definidos, la base de datos almacena información sobre la proporción que cada uno ocupa. Cuando la unidad de asignación se compone de sólo un tipo de suelo, este porcentaje es igual a 100. Cuando hay varios tipos de suelos, entonces la suma de los porcentajes es igual a 100. Las áreas con tonos más claros (como algunas zonas del norte de la Amazonia) presentan un menor número de tipos de suelos por unidad cartográfica, mientras que las más oscuras (como algunas zonas de México) tienen mayor diversidad. Esta variabilidad suele reflejar al mismo tiempo el nivel de levantamiento de suelos en una región. [SOTERLAC] (JRC)



Esta unidad cartográfica está caracterizada por un solo tipo de suelo. Se trata de un Vertisol. (OS)



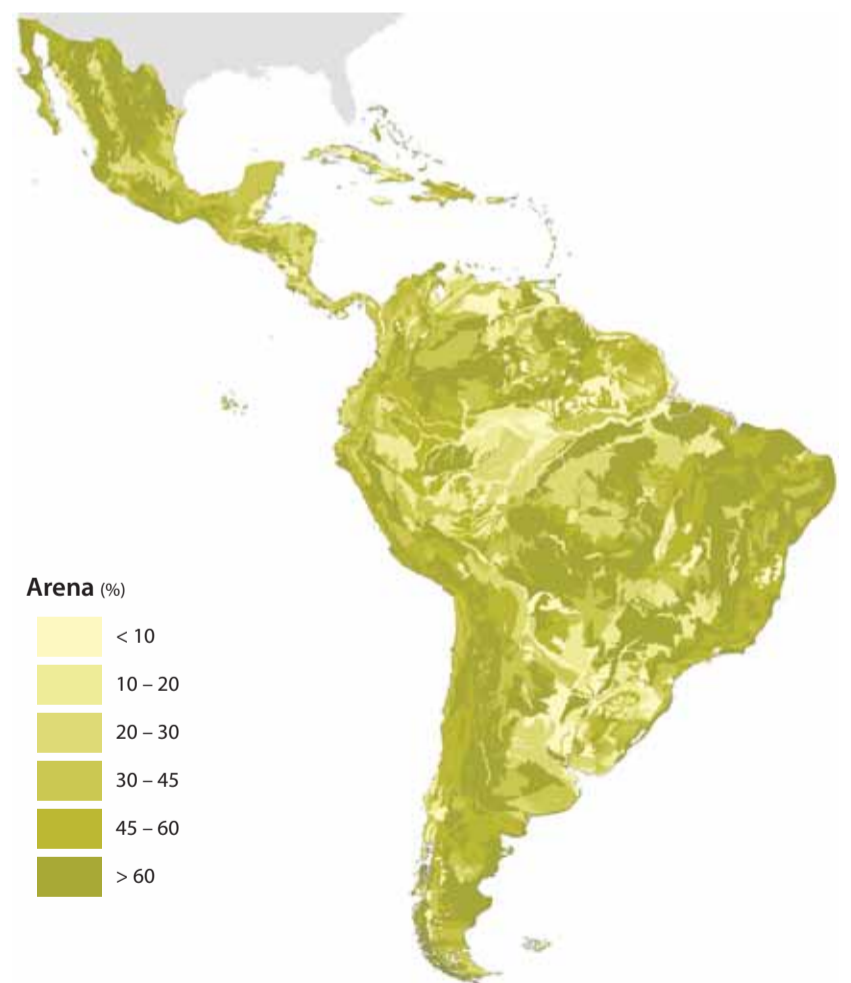
La textura del suelo es una propiedad que se usa para describir la proporción relativa de los diferentes tamaños de grano de las partículas minerales en un suelo. La clase textural del suelo (arena, limo o arcilla) corresponde a un intervalo específico particular de las fracciones separadas y se representa esquemáticamente por el triángulo textura del suelo (ver página 172, "textura del suelo"). Los suelos arenosos tienen una gran proporción de partículas gruesas, mientras que los suelos limosos contienen partículas de tamaño medio y los arcillosos de textura muy fina. [SOTERLAC] (JRC)



Este mapa presenta la proporción de arcilla (es decir, de partículas minerales de menos de 0,002 mm de diámetro; es necesario un microscopio para poder ver partículas de este tamaño) en la capa superficial del suelo. El suelo se siente suave cuando se frota entre los dedos. En general, un contenido elevado en arcilla es indicador de la meteorización química del material parental (y el transporte asociado). Los suelos ricos en arcilla tienden a contener más nutrientes y debido a su área superficial muy alta puede retener grandes cantidades de humedad. Como resultado, son aptos para la agricultura; sin embargo, pueden ser difíciles de cultivar cuando están húmedos, ya que resultan muy pesados y drenan lentamente. Su dureza cuando se secan por completo también dificulta el laboreo. [SOTERLAC] (JRC)

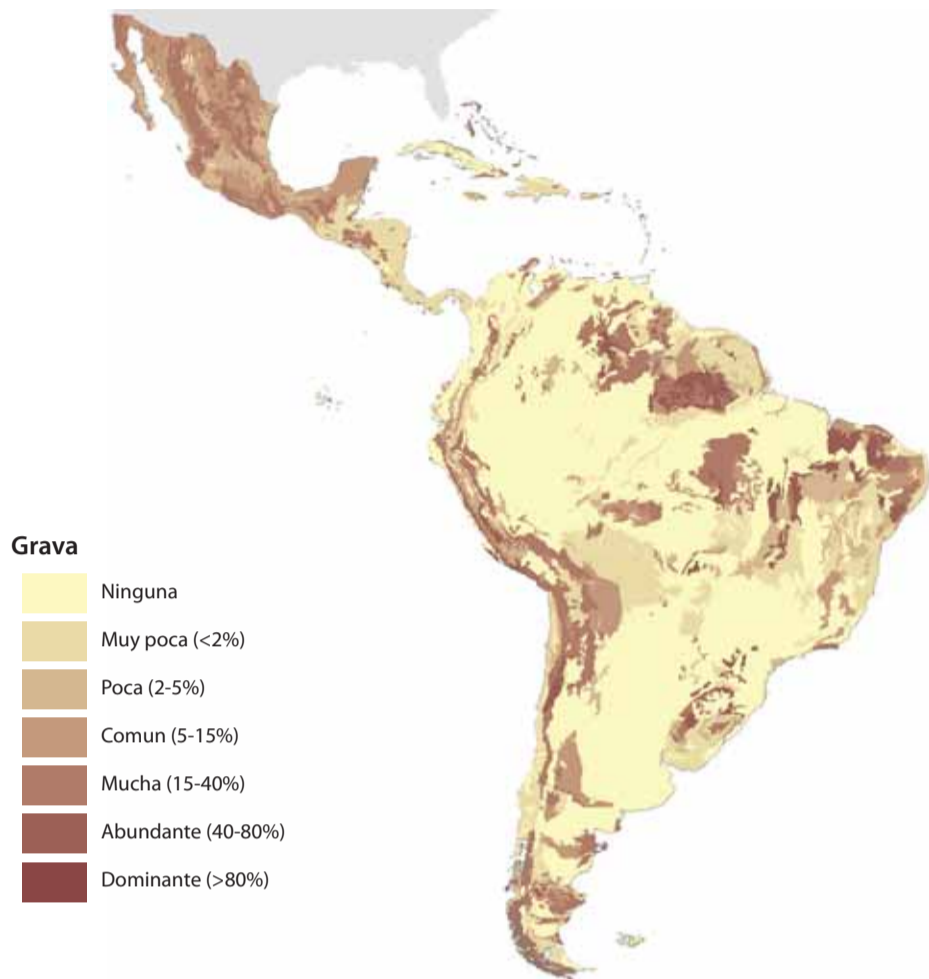


El mapa muestra la proporción de limo (es decir, partículas minerales de entre 0,002 y 0,0625 mm, según la clasificación de la FAO). Está formado por partículas demasiado pequeñas para apreciarse a simple vista. Es el resultado de la meteorización mecánica de la roca, a diferencia de la erosión química que da lugar a las arcillas. Esta transformación mecánica puede deberse a la abrasión eólica (provocada por el movimiento de las partículas arenosas por el viento) o a la acción del agua sobre las rocas en el lecho de ríos y arroyos. Los suelos con una elevada proporción de limo son buenos para desarrollar actividades agrícolas, debido a los elevados niveles de nutrientes disponibles y a la capacidad de retención del agua en los espacios entre las partículas. También resultan fáciles de cultivar aunque son muy propensos a la erosión. [SOTERLAC] (JRC)



El mapa muestra la proporción de arena (es decir, las partículas minerales de tamaño entre 0,0625 y 2,0 mm de diámetro) de la capa superior del suelo. Los granos de arena de cuarzo se suelen apreciar a simple vista. Los suelos arenosos son muy fáciles de trabajar, pero en general tienen pocos nutrientes y una baja capacidad de retención de agua, lo que los hace muy propensos a la sequía. Como resultado de la gran cantidad de espacios entre los granos de arena, este tipo de suelos drena con facilidad. Existe cinco sub-categorías de arenas en función del tamaño de las partículas que las forman: arena muy fina, arena fina, arena media, arena gruesa y arena muy gruesa. El mapa de arriba destaca los desiertos (Arenosols) y los Ferralsols con arenas de tipo más grueso de los trópicos. [SOTERLAC] (JRC)

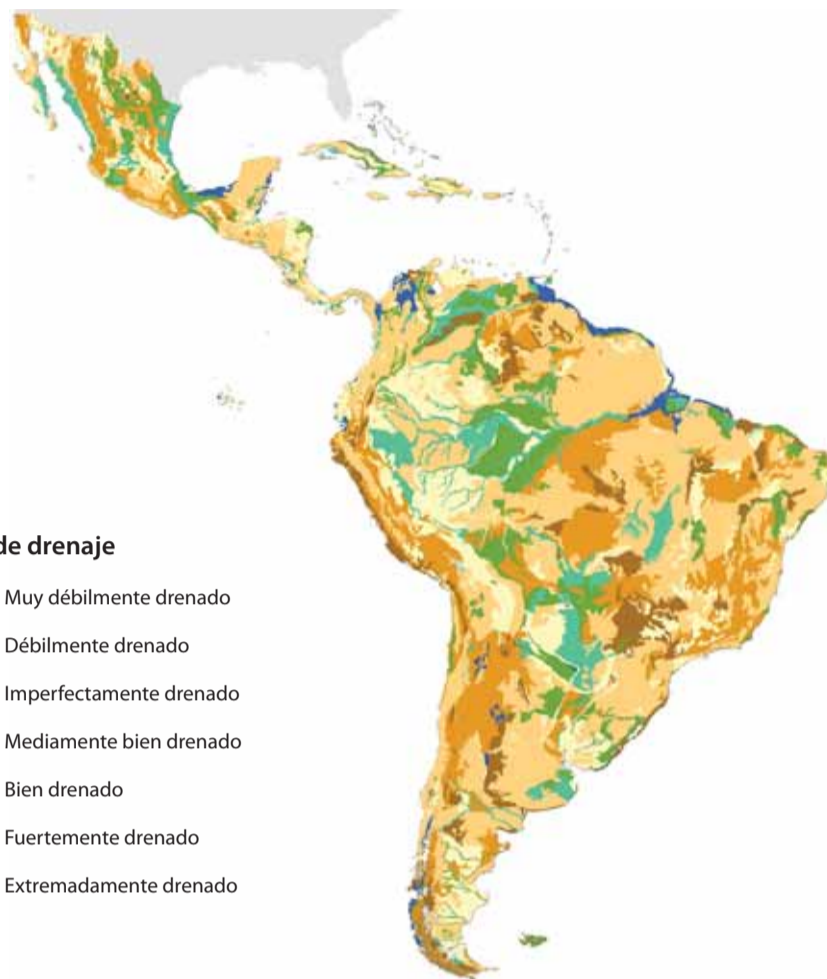




**Grava**

- Ninguna
- Muy poca (<2%)
- Poca (2-5%)
- Comun (5-15%)
- Mucha (15-40%)
- Abundante (40-80%)
- Dominante (>80%)

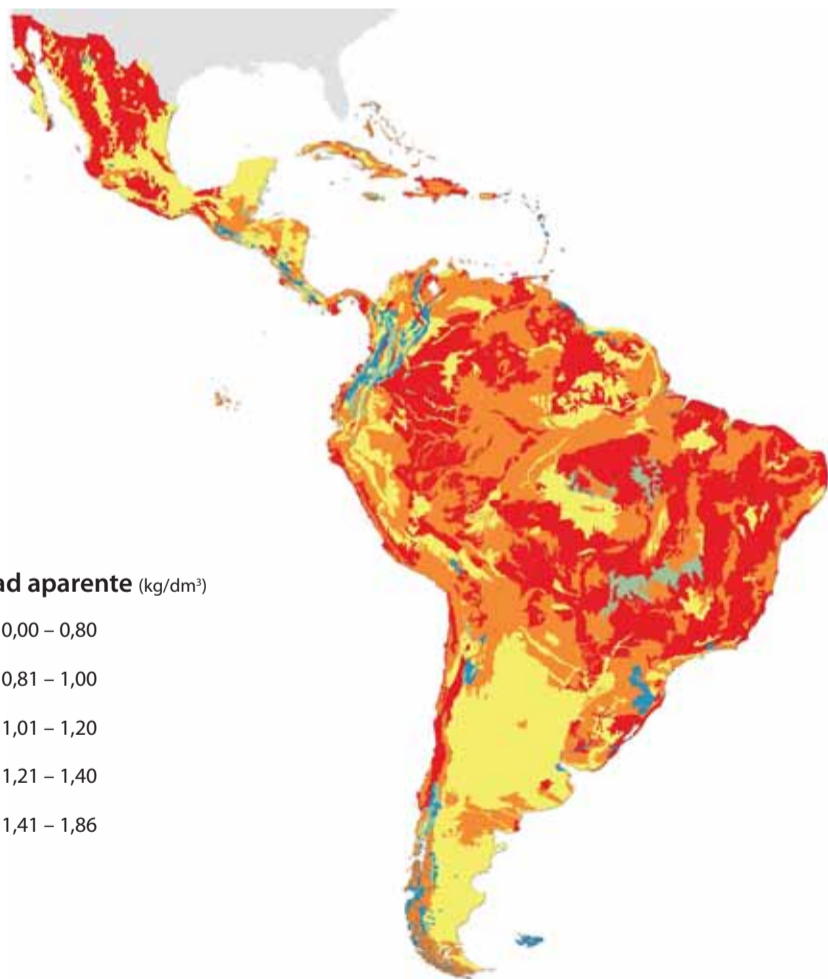
La grava se compone de fragmentos redondeados o angulares de roca entre 2 mm y 6 cm de diámetro. Es un indicador de la pedregosidad del suelo. Un alto contenido en grava puede ser señal de la cercanía a la superficie del material parental. Algunas formas de agricultura (viñedos, por ejemplo) se dan con preferencia sobre suelos de grava, sin embargo, una alta proporción de piedras en la matriz del suelo no es de interés para el uso agrícola debido a los bajos niveles de retención de agua y nutrientes. El contenido de grava es generalmente más alto en las zonas montañosas (las sierras mexicanas, Guayana, las sierras brasileñas y los Andes) y donde la erosión selectiva favorece la acumulación de grava en los horizontes superficiales de los suelos. [SOTERLAC] (JRC)



**Clases de drenaje**

- Muy débilmente drenado
- Débilmente drenado
- Imperfectamente drenado
- Mediamente bien drenado
- Bien drenado
- Fuertemente drenado
- Extremadamente drenado

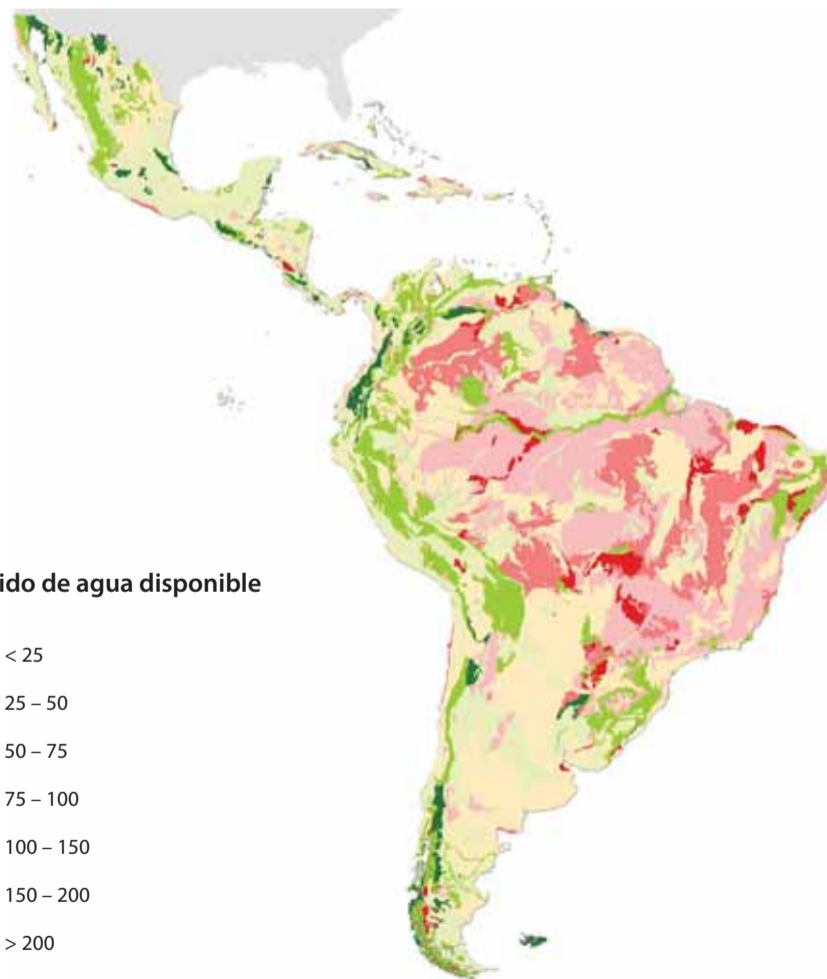
La clase de drenaje se refiere a la frecuencia y duración de los periodos de saturación total o parcial de agua en el suelo. Estas clases van desde "extremadamente drenado", donde el agua se elimina del suelo muy rápidamente (suelos rocosos o superficiales, a menudo en pendientes pronunciadas) a "muy débilmente drenados", en los que el agua se elimina del suelo tan lentamente que una parte se mantiene en la superficie o cerca de ésta durante la mayor parte de la temporada de crecimiento (para elaborar este mapa se utilizaron las clases de drenaje de FAO). Los suelos muy drenados no tienen suficiente capacidad de retención de agua para sustentar cultivos, mientras que en los suelos poco drenados (excepto en aquellos drenados artificialmente), la limitación para el cultivo viene dada por la falta de oxígeno en la zona de la raíz. [SOTERLAC] (JRC)



**Densidad aparente (kg/dm³)**

- 0,00 – 0,80
- 0,81 – 1,00
- 1,01 – 1,20
- 1,21 – 1,40
- 1,41 – 1,86

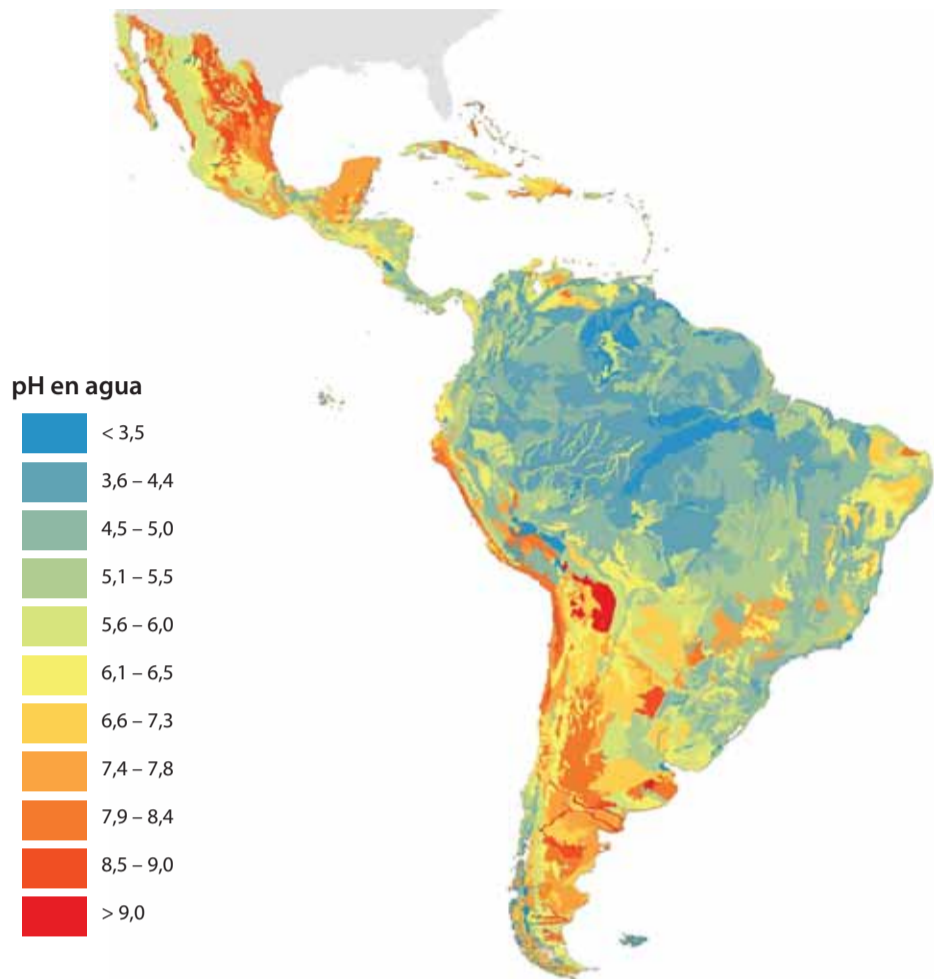
La densidad aparente es una medida del peso del suelo por unidad de volumen (por ejemplo kg/cm³). Las variaciones en este parámetro del suelo dependen del grado de compactación, propiedad directamente relacionada con la porosidad. La mayoría de los suelos minerales tienen densidades aparentes entre 1 y 2 kg/cm³, mientras que los suelos con alto contenido de materia orgánica pueden tener una densidad aparente muy por debajo de 1. Esta propiedad del suelo es un indicador de la resistencia del mismo a la compactación y un parámetro crítico en el cálculo del contenido de carbono orgánico del suelo. Los valores altos limitan el crecimiento de las raíces, la infiltración y favorecen niveles bajos de oxígeno. Generalmente existe una relación inversa entre la densidad aparente y el contenido en carbono orgánico (ver mapa de la distribución del carbono orgánico, página 137). Los suelos con valores más altos de densidad corresponden a los suelos con meteorización más intensa, como Ferralsols, Acrisols o Plinthosols. [SOTERLAC] (JRC)



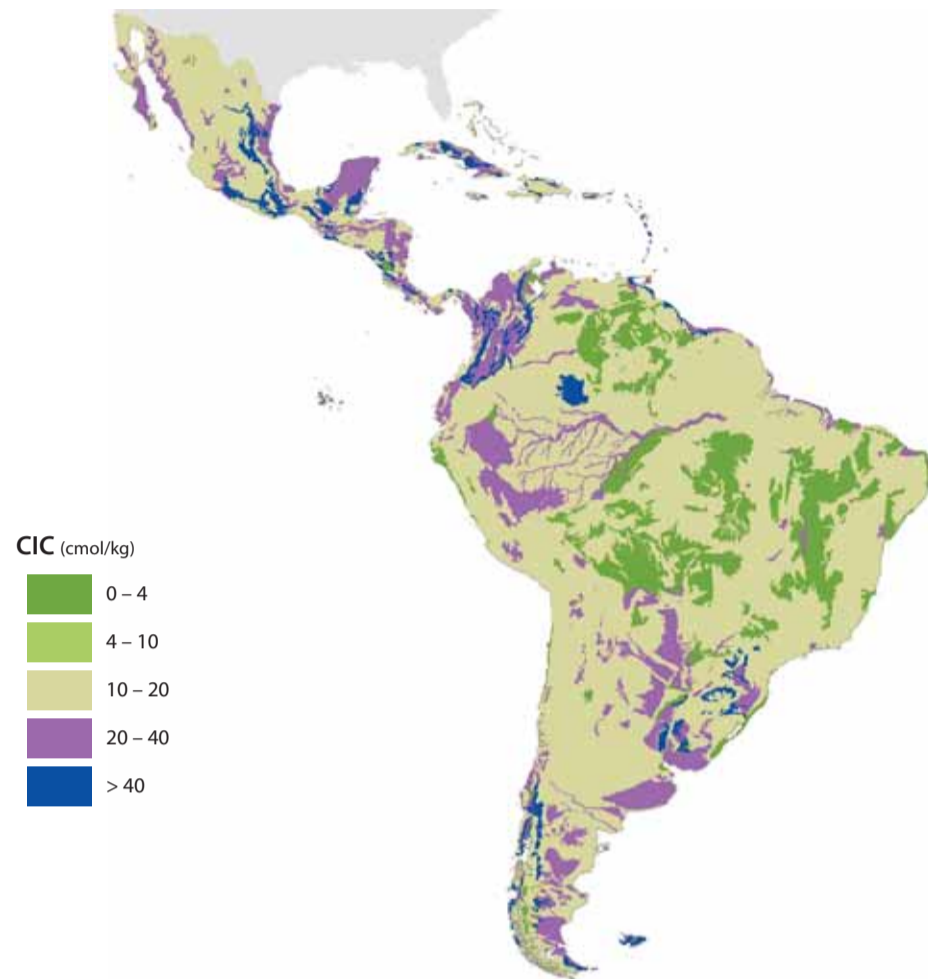
**Contenido de agua disponible (mm/m)**

- < 25
- 25 – 50
- 50 – 75
- 75 – 100
- 100 – 150
- 150 – 200
- > 200

El concepto de agua disponible expresa la cantidad de agua que un suelo puede almacenar. Se define como la diferencia entre la cantidad de agua contenida en el suelo y la cantidad de agua existente cuando se alcanza el punto de marchitamiento (es decir, la cantidad mínima de agua necesaria para que una planta no se marchite). Se suele expresar en milímetros de agua por metro de suelo. El contenido en agua disponible es independiente de las condiciones climáticas; está sólo determinado por la textura y estructura. La materia orgánica favorece el almacenamiento de agua: un incremento del 1% en el contenido de materia orgánica aumenta aproximadamente en un 1,5% la capacidad del suelo para retener, almacenar y liberar agua de manera paulatina para que sea absorbida por el sistema radicular de las plantas. [SOTERLAC] (JRC)



El pH es una designación numérica de la acidez o alcalinidad en el suelo (ver página 11). Un pH de 7 se considera un valor neutro, mientras que los valores inferiores son catalogados como ácidos y los superiores como alcalinos o básicos. Es un parámetro fundamental del suelo, ya que controla muchos procesos químicos, como aquellos relacionados con la disponibilidad de los nutrientes necesarios para los vegetales. El intervalo de pH óptimo para la mayoría de las plantas está entre 6 y 7,5, sin embargo muchas especies han desarrollado adaptaciones para crecer en suelos con valores fuera de este rango. Los suelos ácidos se encuentran fundamentalmente en las zonas con altas precipitaciones, donde los cationes básicos más móviles son lixiviados (lavados) del suelo, aumentando los niveles de los cationes  $Al^{3+}$  y  $H^+$ . Los suelos alcalinos se caracterizan por la presencia de sales solubles. La aplicación de cal a los suelos ácidos puede aumentar los valores de pH y permitir el cultivo de especies que de otra manera no se podrían cultivar. [SOTERLAC] (JRC)



La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la cantidad total de cationes intercambiables que se pueden almacenar en el suelo. Es un indicador del contenido en nutrientes; el aumento del contenido de materia orgánica de un suelo está directamente relacionado con la CIC. Los iones positivamente cargados de elementos tales como calcio, aluminio, potasio y sodio que se unen a las partículas del suelo con carga negativa, pueden ser reemplazados (es decir, intercambiados) por cationes de hidrógeno en la solución del suelo. Una vez en la solución, el nutriente está disponible para las plantas. Los suelos con baja CIC no pueden almacenar nutrientes; muchos suelos arenosos tienen valores de CIC inferiores a 4 cmol/kg. Los valores superiores a 10 cmol/kg se consideran satisfactorios para la mayoría de los cultivos. Los Vertisols y los suelos ricos en carbono orgánico se caracterizan por altos valores de CIC. [SOTERLAC] (JRC)



El contenido de sales de un suelo se puede estimar a partir de su conductividad eléctrica (expresada en dS/m). Un suelo puede ser rico en sales a causa del material original que lo formó o por la inundación en las zonas bajas costeras (agua de mar). En climas cálidos, el agua subterránea salada puede llegar a las capas superiores del suelo. La mayoría de las especies vegetales no se desarrolla bien en suelos salinos, en especial las cultivadas, aunque existen especies adaptadas a estos ambientes. Algunos cultivos, como la mayoría de los árboles frutales, acusan el contenido en sal a partir de valores bajos como 2 dS/m, mientras que otras plantas son más tolerantes (por ejemplo, las espinacas o la remolacha, y en general la subfamilia *Chenopodioidae*), soportando valores de 16 dS/m. Muchas de las zonas con suelos salinos de LAC se encuentran en cuencas endorreicas, donde el agua no tiene salida fluvial hacia el mar. Es el caso del salar del Huasco y del salar de Uyuni. [SOTERLAC] (JRC)



El carbonato de calcio es una sal cuya fórmula química es  $CaCO_3$ . Es el principal componente de las conchas de los moluscos marinos. En agricultura, es el ingrediente activo de las enmiendas calizas y la causa principal del agua calcárea o "dura". El carbonato de calcio es bastante común en el suelo, especialmente en áreas más secas. Cuando se presenta en niveles bajos, mejora la estructura del suelo y es en general beneficioso para la producción de los cultivos, pero en concentraciones más altas puede inducir deficiencia de hierro y, si se cementa, limitar la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos. [SOTERLAC] (JRC)

## Elaboración de los mapas de suelos del Atlas

### Los Sistemas de Información Geográfica y la Base de Datos Mundial Armonizada sobre Suelos

#### ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?

Los mapas que aparecen en este atlas han sido creados gracias a una tecnología denominada Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, del inglés Geographic Information System).

Un SIG se puede definir como un sistema informático para la realización de análisis geográficos. Consta de diversos componentes: un subsistema de entrada, para convertir mapas y otros datos espaciales a formato digital; otro para el almacenaje y recuperación de la información; otro para la realización de análisis espaciales; y un último para la obtención de productos (tablas, mapas y respuestas a los problemas planteados). Las coordenadas de latitud y longitud, las regiones administrativas, los cuerpos de agua y los núcleos urbanos, son distintas formas de aportar información a una ubicación en particular; estos elementos están "georreferenciados", lo que diferencia a un SIG de los programas de diseño asistido por computadora (CAD, de su acrónimo en inglés Computer Aided Design), ya que estos últimos almacenan la información en elementos situados en un espacio abstracto.

Los distintos elementos como carreteras, ríos, tipos de suelo o puntos de evaluación de la calidad del agua, se representan en un SIG de forma digital en forma de puntos, líneas (arcos), polígonos (áreas) o celdas (cuadrícula).

La información descriptiva o atributos de los objetos (p. ej. nombres, propiedad, profundidad, tipo de suelo) pueden asociarse con los datos geográficos. Esta información "descriptiva" se suele almacenar en forma de tablas en una base de datos, la cual está asociada a los datos geográficos o mapa mediante un identificador común.

La mayoría de los datos espaciales se puede convertir de un sistema de coordenadas a otro, por lo que, mediante un SIG, se pueden integrar datos procedentes de varias fuentes. De esta manera una base de datos mundial sobre perfiles de suelos, en la que se ha utilizado la longitud y la latitud para marcar los puntos de muestreo, se podría combinar con datos de suelo compilados en mapas con sistemas de coordenadas distintos (a nivel nacional, por ejemplo).

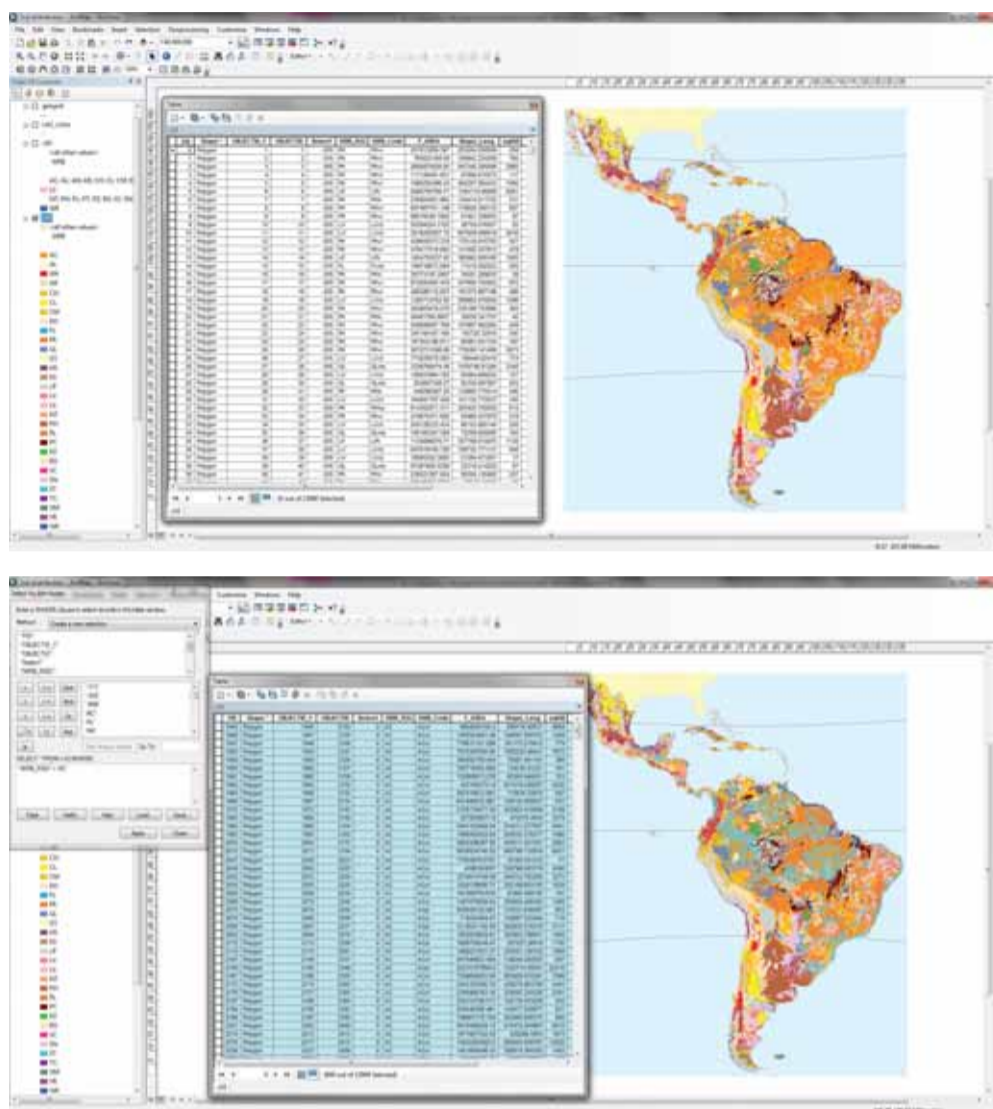
Los datos espaciales y sus atributos asociados en el mismo sistema de coordenadas pueden examinarse al mismo tiempo y superponerse uno a otro para crear mapas.

También existe la posibilidad de realizar análisis altamente complejos si se cuenta con datos suficientes y de calidad. Así, por ejemplo, si se cuenta con un volumen suficiente de información, se puede responder a preguntas como: "¿qué sucedería si...un suelo arenoso sufriera un derrame de sustancias contaminantes?", "¿En qué lugares...aparecen Podzols cerca de tierras arables?" o "¿Existe un patrón...que rijan los corrimientos de tierra en un parque nacional?" es sólo posible si se posee un gran volumen de información. Un ejemplo de una cuestión más compleja sería el evaluar el potencial de riego a partir de la selección de aquellos terrenos que cumplan las siguientes condiciones: estar situados en regiones semiáridas, tener suelos potencialmente fértiles, ser un terreno llano y estar situado a menos de 200 m de una fuente de agua.

Una de las claves de un SIG es el componente humano. Es fundamental contar con personal con buenos conocimientos de análisis espacial y experto en el uso del software.

El uso de los SIG cada vez está más generalizado. En sus inicios, se desarrollaron como herramienta de investigación al servicio de los departamentos de Geografía de las universidades, pero con el paso del tiempo se han ido incorporando también a la gestión de instalaciones (p. ej. tuberías, cables eléctricos), marketing y ventas (p. ej. optimizar la localización de una tienda según necesidades del cliente), gestión militar (p. ej. mapas de campos de batalla, reconocimiento del terreno), medio ambiente (p. ej. predicción de inundaciones, riesgo de erosión, incendios forestales), transporte (p. ej. rutas, mediciones de ruido), salud (p. ej. relación entre ciertas enfermedades y factores sociales o medioambientales), entre otros.

Los mapas de este atlas se han creado con un software de SIG denominado ArcGIS, desarrollado por ESRI Inc. (Redlands, California).



Arriba: ejemplos de visualización y consulta de la base de datos SOTERLAC. A modo de ejemplo, en la segunda captura de pantalla están seleccionados todos los Acrisols (en azul, tanto en la tabla de atributos como en el mapa). (JRC)

Para más información sobre datos espaciales y SIG se pueden consultar los siguientes sitios web (en inglés):

<http://www.gis.com>

<http://www.geo.ed.ac.uk/home/giswww.html>

<http://www.usgs.gov>

#### Actualización de la base de datos SOTERLAC para América Latina y el Caribe (versión 2.0)

La base de datos de suelo SOTERLAC (del inglés, Soil and Terrain database for Latin America and the Caribbean) versión 2.0 (escala 1:5.000.000), sustituye a la antigua versión 1.02. La base topográfica de este mapa ha sido modificada para adaptarla mejor al Mapa Digital del Mundo (WDC, World Digital Chart). Además, la base de datos de atributos incluye todas las características de los pedones (unidades de suelo) considerados a una escala 1:1.000.000.

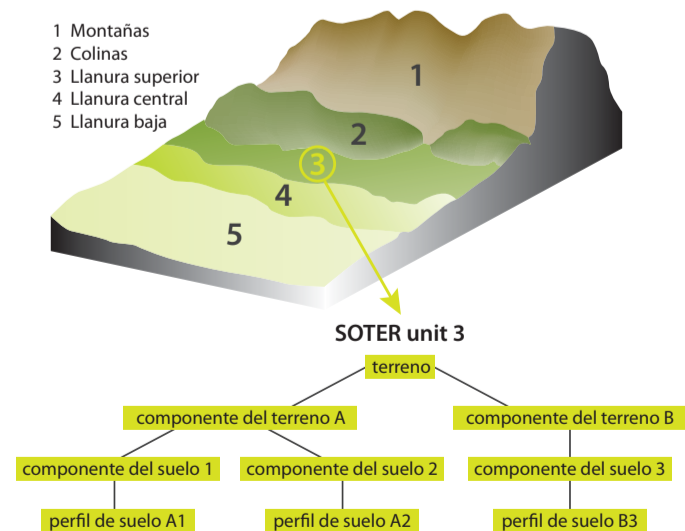
La antigua versión 1.02 de SOTERLAC (1: 5.000.000) se presentó en 1998 [45] y fue el resultado de un esfuerzo conjunto de las Naciones Unidas (a través de su Programa para el Medio Ambiente, PNUMA, y de la Organización para la Alimentación y la Agricultura, FAO), el instituto ISRIC (Información Mundial del Suelo) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), entre 1993 y 1997. Fue el primer ejemplo de una base de datos de suelo y terreno realizada con un SIG utilizando la metodología SOTER1 [46, 47] a escala continental. También se desarrolló un programa para la visualización de mapas temáticos, así como la versión 1.02 de la base de datos SOTER. El mapa topográfico que se utilizó como base se asemeja a la hoja de América Latina del Mapa de Suelos del Mundo [48, 49]. Este mapa base, sin embargo, no es totalmente compatible con los mapas de otros continentes. En la versión 2.0 de SOTERLAC dicho mapa se sustituyó por el Mapa Digital del Mundo, a escala 1:1.000.000 [50, 51], el referente topográfico para todos los mapas de SOTER.

Las distintas capas aportan información sobre la topología, la ubicación y la extensión de las fronteras nacionales, costas, ríos, sistemas de drenaje y lagos. Desde la aparición de SOTERLAC 1.02, se han reportado observaciones y una serie de errores e inconsistencias de la base de datos, como por ejemplo unidades SOTER que no representaban correctamente la forma del terreno o suelos en una región en particular, o composiciones

de suelo incorrectas o incompletas. Estas incoherencias han sido subsanadas en la nueva versión. Además se han incorporado nuevas unidades SOTER, junto con perfiles nuevos e información adicional sobre Brasil y Puerto Rico. Otro aspecto a destacar sobre los archivos de datos de SOTERLAC 1.02 es que estos podían almacenar un número muy limitado de atributos para los perfiles representativos [47], lo que restringía los posibles usos de la base de datos, concretamente en lo que se refiere a disponer de información específica de un suelo (p.ej. la capacidad de intercambio catiónico). Por estas razones, la actualización de SOTERLAC comenzó en 2004 con la incorporación de datos de perfiles adicionales representativos, utilizando la estructura de la base de datos SOTER 1:1.000.000 [46]. Actualmente la intención de ISRIC es restaurar la información de los perfiles país por país. En la presente versión, se han renovado los datos de Brasil, Perú y Puerto Rico, lo que supone aproximadamente un tercio de los perfiles de la base de datos.

La base de datos SOTERLAC y la documentación correspondiente pueden descargarse desde el sitio web de ISRIC:

<http://www.isric.org/projects/soter-latin-america-and-caribbean-soterlac>



Estructura de la base de datos utilizada en SOTERLAC. (ISRIC)

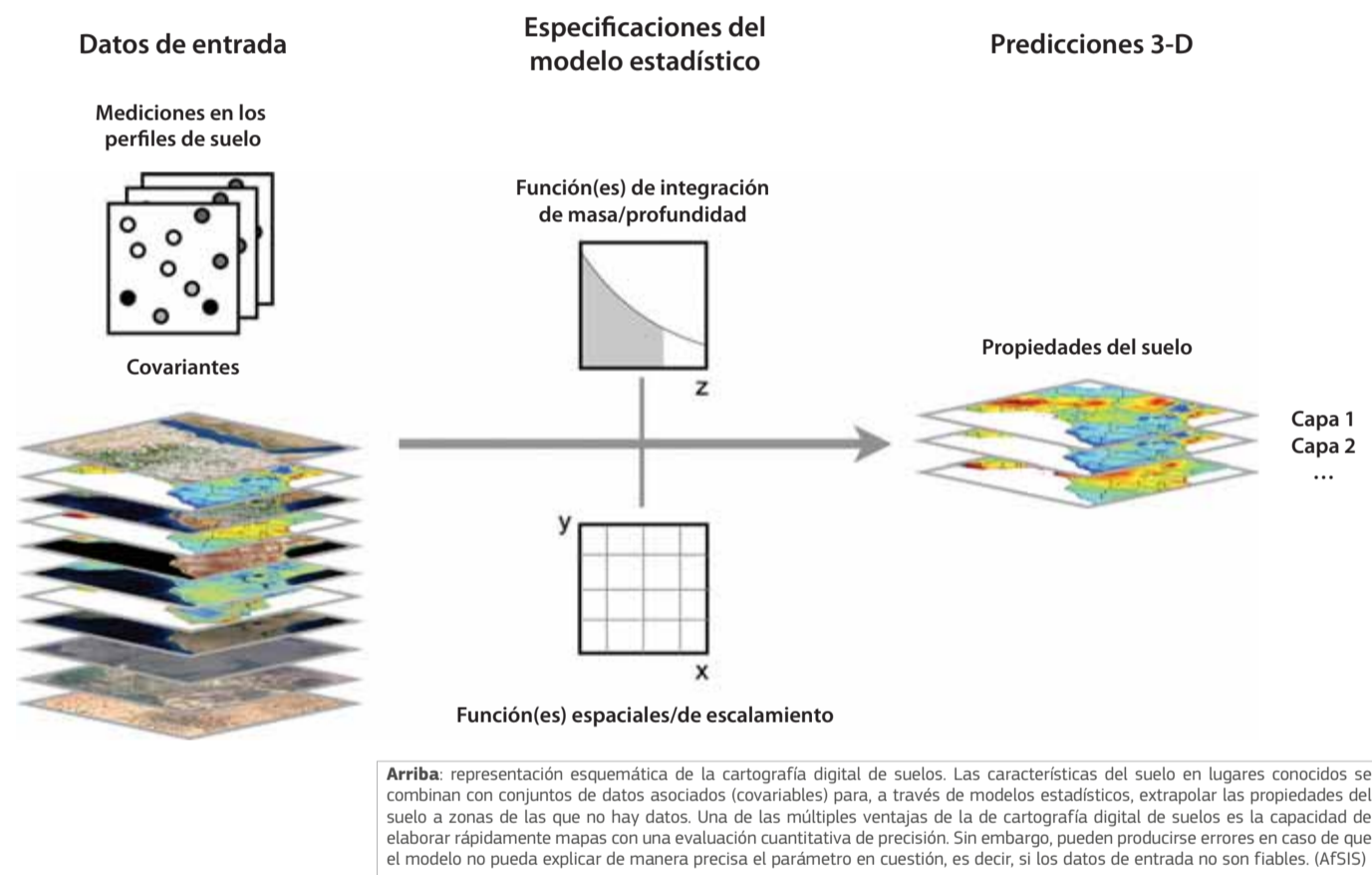
## La cartografía digital de suelos

Los mapas de suelos que aparecen en este atlas son el resultado del procedimiento tradicional de levantamiento de suelos. Este proceso implica la delimitación manual de los límites de los suelos a cargo de los edafólogos a partir de las muestras recolectadas en el campo y de la comprensión de la relación entre el paisaje y el material geológico de base. Sin embargo, esta metodología demanda muchos recursos, tanto humanos como económicos y de tiempo. En los últimos años, la atención se ha centrado en las posibilidades que ofrece la cartografía digital de suelos (DSM, del inglés Digital Soil Mapping), también conocida como correlación predictiva o pedometría. La DSM utiliza modelos geoestadísticos para predecir las propiedades del suelo y las presiones de degradación en lugares no observados del paisaje, en un periodo de tiempo notablemente menor que el necesario para realizar los levantamientos de suelo convencionales [52]. Un mapa digital de suelos consiste en una base de datos espacial que recoge diversas propiedades del suelo. Estas propiedades se basan en una elaboración estadística a partir de un número limitado de muestras, que permite la interpolación o la predicción de las propiedades del suelo para áreas de las que no se tienen datos directos. Dichos enfoques estadísticos difieren entre sí tanto en el grado de realismo que supone su representación de la realidad como en la complejidad de los cálculos que aplican: desde las técnicas geoestadísticas (p. ej., la regresión de Kriging, co-simulación, etc), hasta las herramientas más recientes, basadas

en modelos jerárquicos, ecuaciones de estimación generalizadas, modelos aditivos, cadenas de Markov o simulaciones de Monte Carlo.

Las predicciones están fuertemente condicionadas por la relación entre las condiciones del suelo en las posiciones conocidas y los conjuntos de datos asociados como covariables. Estas covariables incluyen datos de reflectancia e información derivada de imágenes de satélite (p. ej. el albedo o la cubierta vegetal), modelos digitales del terreno y condiciones climáticas (por ejemplo: la humedad del suelo, la temperatura anual). Este enfoque moderno consiste en aplicar el modelo clásico de Jenny de la formación del suelo, el cual establece que una condición del suelo es una función de un número de factores (clima, organismos, relieve, material parental, tiempo y otros factores de importancia histórica, si es el caso. Ver página 15).

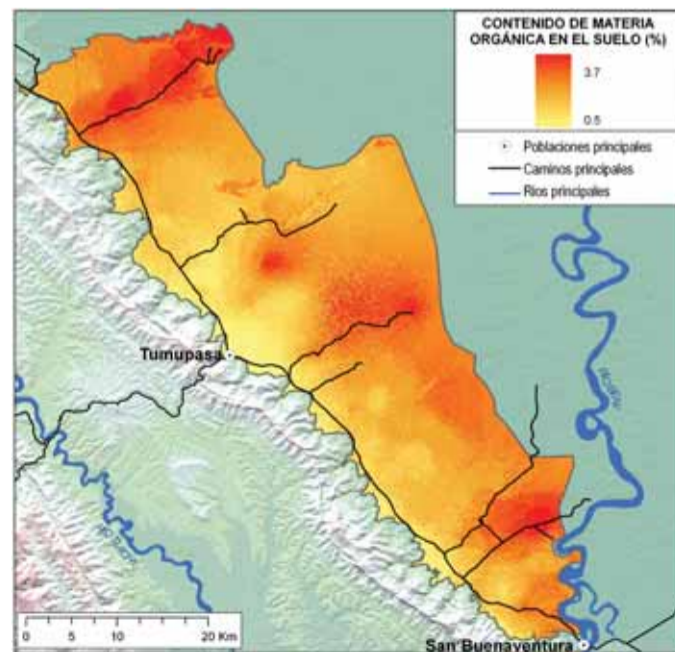
La hipótesis básica que sustenta la cartografía digital de suelos es que, una vez se conoce la distribución espacial de estos factores, pueden deducirse geográficamente las propiedades específicas del suelo y su situación, teniendo en cuenta sus interrelaciones con los demás elementos del paisaje. Un aspecto clave de la DSM son los estados de incertidumbre, ya que informan sobre la fiabilidad de las estimaciones de las propiedades del suelo realizadas.



## La cartografía digital del suelo en LAC

El uso de esta tecnología no es común en LAC. Se utiliza principalmente en el campo de la agricultura de precisión en países como Brasil, Chile y Argentina. Asimismo, algunos centros de investigación comenzaron a utilizar la cartografía digital de suelos, en el marco de políticas de investigación y desarrollo, en países como Argentina (INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), Bolivia (Universidad Mayor de San Simón), Brasil (Embrapa-Solos), Chile (compañías privadas), Venezuela (Universidad Central de Venezuela).

Su uso principal en la región ha sido la generación de cartografía cuantitativa de las propiedades del suelo (contenido de arcilla, arena y limo, contenido de carbón orgánico y otras propiedades en relación con la fertilidad del suelo). A continuación se muestra un ejemplo de la aplicación de la cartografía digital del suelo en Bolivia. En el caso boliviano, se utilizó la cartografía digital para generar datos e información cuantitativa sobre el estado actual de los suelos en el municipio de San Buenaventura, con el fin de evaluar su potencial para el cultivo de caña de azúcar bajo diferentes escenarios de gestión. El mapa de la derecha muestra el contenido de materia orgánica en la parte superior de los suelos de la zona de estudio.



Aplicación de cartografía digital del suelo para la estimación del contenido en carbono orgánico en un área de Bolivia. (RV)

## Estado de la información de suelos en LAC\*

País	Mapas de suelos
Argentina	Mapa nacional de suelos 1:2.500.000 Cobertura parcial a 1:500.000 (18% del territorio)
Bolivia	Levantamientos desde la década de 1980. Mapas de suelos en general para Ordenación Territorio: 1:250.000 para departamentos y 1:50.000 para municipios (completados 110 de 327, georreferenciados). En algunos departamentos, proyectos de cooperación internacional para hacer bases de datos, SIG y perfiles asociados.
Brasil	Cartografía exploratoria a 1: 6.000.000 hasta la década de 1980. Algunas zonas con más detalle (<1:50.000). Mapa de suelos a 1: 5.000.000 para todo el país. Algunos estados, además a escalas mayores.
Chile	Cobertura de aproximadamente el 70% del país. Las zonas agrícolas totalmente cubiertas a 1: 20.000 (digital). Algunas zonas a 1: 10.000 (digital). Entre los años 1950 y 1970 se hizo cartografía a escala 1: 500.000 y 1: 50.000
Colombia	Todo el país a 1:500.000 y 1:100.000.
Costa Rica	Cobertura incompleta y digitalización parcial: 20% del país en Espacios Naturales Protegidos, sin ningún tipo de estudios o cartografía. Poca información también de clases de suelos sin valor agrícola. Para el resto: suelos y capacidad usos suelo 1:200.000 (años 90), digitalizado en parte. Algunas regiones a 1: 50.000 (digital).
Cuba	En 1990, mapa nacional a 1: 25.000 a partir de más de 73.000 perfiles. En proceso de digitalización.
Ecuador	Variable según regiones: Serranía a 1:50.000, Costa 1:200.000, Amazonia 1:500.000 Existen mapas a escala nacional para diferentes variables (por ejemplo: contenido en materia orgánica, pH, profundidad, textura)
El Salvador	Mapas digitales sobre usos del suelo o clases de tierra, entre otros.
Guatemala	Mapa taxonómico y de capacidad de uso a 1: 50.000 en proceso. Cobertura menor del 10%.
Honduras	1962: mapa parcial a 1: 250.000. 1995: mapa capacidad de uso agrícola 1 : 50.000. En proceso digitalización. Mapa suelos en base a éste, en proceso de elaboración.
México	1:250.000, completada en el 2007. En formato digital tanto Serie I (2002) como Serie II (2007, pendiente de validación de algunos resultados de laboratorio). 2008 – Mapa Nacional de Erosión del suelo 1:250.000 (en etapa de verificación de campo)
Nicaragua	Mapa agroecológico (uso potencial tierra) 1:250.000 de 1988 y posteriormente digitalizado Mapa de suelos a nivel de orden.
Panamá	51% territorio cubierto con cartografía tradicional ya digitalizada (1:50.000 y 1:20.000). 22% restante, a 1:300.000. A partir de la info. georreferenciada, se elaboran mapas temáticos (ejemplos: fertilidad, pH, contenido en materia orgánica).
Paraguay	Dos regiones de características muy diversas. También sus cartografías: diferente nomenclatura, escala (1:100.000 y 1:250.000).
Perú	Cobertura cartografía variable: p. ej. Amazonia, mayor parte 1:100.000, aprox. 50% a 1:50.000 y muy poco a 1:25.000.
República Dominicana	1967: primer mapa (1: 250.000), de la OEA (Organización de Estados Americanos). No hay mapas en detalle ni de propiedades químicas, físicas o biológicas.
Uruguay	Carta Suelos de cobertura nacional a 1:1.000.000, digitalizada. Cobertura parcial a 1:100.000 y 1:250.000. CONEAD Digital: productividad potencial de carne y lana a escala 1: 15.000 y parcelario; contiene información general sobre grupos de suelos, no desagregados (tarea para el futuro cercano).
Venezuela	Cobertura: 95% a 1:250.000 (el 5% restante corresponde a zonas de montaña); el 17% (zonas agrícolas) a escala 1:100.000 o más detallada. SITVEN (Sistema Información Tierras), cubre aproximadamente el 50% del país. En actualización. Otros productos: SIG ambiental de industria petrolera a 1:100.000 (en zonas de conflicto por usos del suelo, a 1: 25.000)

\*La información contenida en la tabla de arriba ha sido proporcionada por los países participantes en esta publicación, lo que no implica que para otros estados no exista dicha información.