



Paisaje agrícola en la provincia de Chimborazo



INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR

# SUELOS DEL ECUADOR CLASIFICACIÓN, USO Y MANEJO.

Editores:  
José Espinosa  
Julio Moreno  
Gustavo Bernal

2022



# **SUELOS DEL ECUADOR**

## **CLASIFICACIÓN, USO Y MANEJO**

### **Editores**

José Espinosa, Consultor: [jepinosa@fragaria.com.ec](mailto:jepinosa@fragaria.com.ec)

Julio Moreno, Instituto Geográfico Militar: [vjmi76.jm@gmail.com](mailto:vjmi76.jm@gmail.com)

Gustavo Bernal, Consultor: [gusrbg@yahoo.com](mailto:gusrbg@yahoo.com)



**INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
MILITAR**

**2022**

## Catalogación en publicación IGM. Gestión Geográfica

**Nombres:** Espinosa Marroquín, José Antonio Elías, editor / Moreno Izquierdo, Víctor Julio, editor / Bernal Gómez, Gustavo Ramón, editor /

**Título:** Suelos del Ecuador: Clasificación, Uso y Manejo. José Espinosa, Julio Moreno, Gustavo Bernal (editores).

**Descripción:** Primera edición. / Quito: Instituto Geográfico Militar, 2022.

Identificación: ISBN 978-9942-22-557-3

**Temas:** Visión General de los Suelos de Ecuador / Suelos de la Costa / Suelos de la Sierra / Suelos del Oriente / Suelos de las Islas Galápagos / Uso del Suelo en Ecuador / Erosión del Suelo en Ecuador / Características de los Suelos en Ecuador y su Manejo / Microorganismos Benéficos en Suelos de Ecosistemas Naturales y Agroecosistemas del Ecuador.

**Clasificación:** Sector Público Gubernamental (978-9942-22)

La presente obra fue posible gracias al auspicio del Instituto Geográfico Militar (IGM). El libro es el resultado de la información generada, entre los años 2009 y 2017, por diversos proyectos de inversión que el Estado ecuatoriano estimó eran prioritarios, como, por ejemplo, los proyectos “Generación de Geoinformación para la Gestión y Valoración de Tierras de la Cuenca Baja del Río Guayas” y “Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional”, los cuales se trabajaron a escala semidetallada.

Primera edición: 11 de abril, 2022.

©Instituto Geográfico Militar (IGM)

Av. Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño, El Dorado.

Quito-Ecuador

ISBN 978-9942-22-557-3

Diseño de portada y Diagramación: Danny Lincango

Impresión: IGM

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La versión digital está disponible gratuitamente en el Geoportal del IGM:

<https://www.geoportalmgm.gob.ec/portal/index.php/estudios-geograficos/>

Como citar este libro:

Espinosa, J., J. Moreno y G. Bernal (eds). 2022. Suelos del Ecuador: Clasificación, Uso y Manejo. Instituto Geográfico Militar (IGM). Quito, Ecuador.

Como citar capítulos de este libro (ejemplo capítulo 4):

Sánchez, D., J. Merlo, R. Haro, M. Acosta y G. Bernal. 2022. Suelos del Oriente. En: J. Espinosa, J. Moreno y G. Bernal (eds). Suelos del Ecuador. Instituto Geográfico Militar (IGM). Quito, Ecuador.

# CAPÍTULO 4

## —SUELOS— DEL ORIENTE

Darwin Sánchez, Ministerio de Agricultura y Ganadería: [dsanchezr@mag.gob.ec](mailto:dsanchezr@mag.gob.ec)

José Merlo, Palmeras de los Andes: [jmerlo@danec.com](mailto:jmerlo@danec.com)

Renato Haro, Consultor: [renoharo@hotmail.com](mailto:renoharo@hotmail.com)

Mayra Acosta, Servicio Nacional de Contratación Pública -SERCOP: [mayra.acosta@sercop.gob.ec](mailto:mayra.acosta@sercop.gob.ec)

Gustavo Bernal, Consultor: [gusrbg@yahoo.com](mailto:gusrbg@yahoo.com)

### RESUMEN

La Amazonía Ecuatoriana es la parte de la cuenca Amazónica que linda con la cordillera de los Andes en su sector más volcánico. Estos paisajes se extienden desde las áreas adyacentes a los Andes hasta el límite político con Perú y Colombia hacia el este y noreste, respectivamente. Esta es una región única formada por el arreglo de diversas estructuras geológicas y por los cambios en clima que la región ha sufrido a través de tiempos geológicos. Los relieves amazónicos se caracterizan por un decrecimiento paulatino de altitud de oeste a este que se asemeja a gradas, generando dos paisajes característicos: a) Relieves Subandinos que comprenden los Corredores, Cordilleras y Contrafuertes; y b) Amazonía Periandina, con las Colinas Periandinas y Piedemontes y los Ambientes Fluviales. En los relieves Subandinos las fuertes pendientes van desde 3 000 hasta los 600 m s. n. m., mientras que los relieves periandinos están localizados a alturas menores a los 600 m s. n. m. Los suelos de la zona norte de los relieves subandinos son suelos derivados de cenizas volcánicas, mientras que, al sur, las rocas antiguas, sin recubrimiento de ceniza volcánica, han dado lugar a suelos ácidos, de texturas finas, pardo rojizos y con alto contenido de aluminio intercambiable. Más de dos tercios de la Amazonía Periandina tiene suelos rojos bien drenados, ácidos, arcillosos y altamente lixiviados desarrollados de sedimentos terciarios, mientras que la sección noreste se desarrolló sobre sedimentos cuaternarios que fueron cubiertos por ceniza volcánica desarrollando Andisoles. Las áreas con influencia fluvial tienen suelos arcillo limosos de color gris, pobremente drenados.

## ABSTRACT

The Ecuadorian Amazonia is the part of the great Amazonia Basin, which borders with the Andes Mountain range at the sector with more volcanic past. These landscapes extend from the Andes adjacent areas to the political border with Peru and Colombia to the east and northeast, respectively. This is a unique region which has been shaped by the arrangement of the geological structures and the climatic change that the region has suffered over geological times. The Amazonian reliefs are characterized by a gradual decrease in altitude from west to east resembling a set of stairs generating two characteristic landscapes: (a) Sub-Andean reliefs, which include corridors, mountain ranges and flanks; and (b) Peri-Andean Amazonia with Peri-Andean hills, and Piedmont and Fluvial Environments. In the Sub-Andean reliefs, the steep slopes range from 3 000 to 600 m o.s.l., while the Peri-Andean reliefs are located at attitudes lower than 600 m o.s.l. Soils from the northern Sub-Andean reliefs are derived from volcanic ash, while at the south, without volcanic ash cover, old rocks have developed acid, reddish brown, light textured soils with high aluminum content. More than two-thirds of the Peri-Andean Amazonia has acid, heavy textured, highly leached, red, well-drained soils developed from tertiary sediments, while the northeast section developed over quaternary sediments covered by volcanic ash developed Andisols. The areas with fluvial influence have poorly drained, silty clay, greyey soils

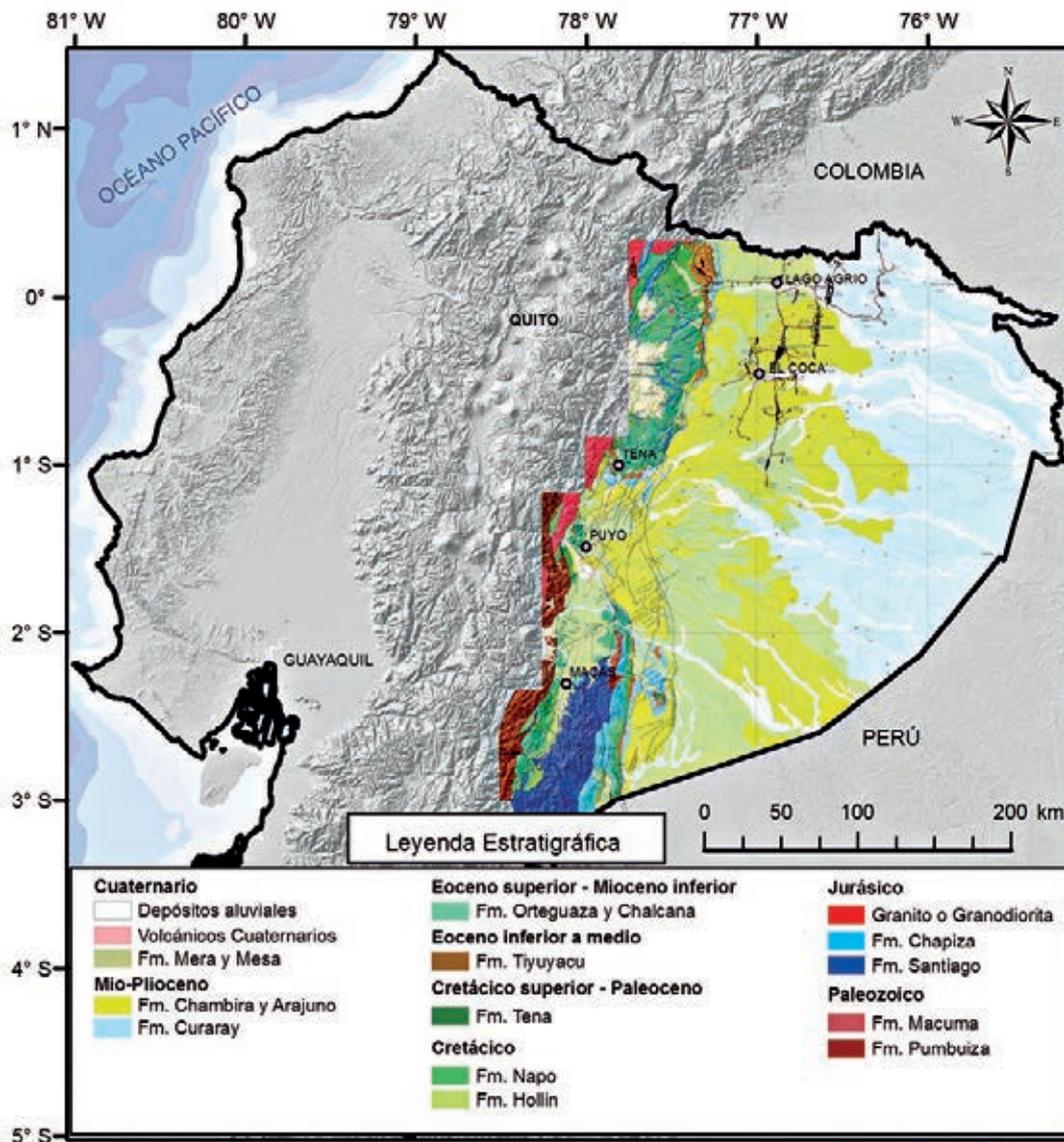
## 4.1. Introducción

Los Andes Septentrionales se levantaron en eventos sucesivos durante el Plioceno (aproximadamente hace 5 a 3 millones de años) formándose el gran macizo que actualmente tiene alturas que van de 4 000 a 6 000 m s. n. m. y que definió la zona de América del Sur conocida como Amazonía. El levantamiento de esta gran barrera en la región Amazónica afectó dramáticamente el clima y consolidó una amplia zona con altas precipitaciones. El proceso de estabilización de los relieves resultantes cambió radicalmente el sistema fluvial y se establecieron poblaciones de flora y fauna de alta diversidad y riqueza (Van der Hammen, *et al.*, 1973; Hoorn, *et al.*, 1995). La Amazonía ecuatoriana es la parte de la cuenca amazónica que linda con la cordillera de los Andes en su sector más volcánico. Esta es una región única, cuya forma fue definida por el ordenamiento de las estructuras geológicas y los cambios climáticos que la región ha sufrido a través del tiempo (**Figura 4.1**) (Custode y Sourdat, 1986).

### 4.1.1. Geología, geomorfología y vegetación

Al noroeste de la región Amazónica se distinguen relieves rocosos de montaña alta con afloramientos de rocas volcánicas, lavas, escombros, arenales, proyecciones de tobas y cenizas. Hacia las vertientes periandinas se pueden apreciar esquistos meteorizados y areniscas recubiertas de ceniza volcánica. Algunos relieves estructurales son derivados de sedimentos del Cretácico (**Figura 4.2**). Hacia el centro de la región Amazónica se distinguen, en su mayoría, granitos cubiertos por capas de cenizas, sin embargo, hacia las zonas de mayor disectamiento se pueden encontrar basamentos dedríticos de bloques y cantos rodados de origen volcánico. Los principales limitantes de los suelos desarrollados en estos relieves son el exceso de humedad y la consecuente lixiviación de bases. En la Amazonía se pueden encontrar bosques primarios, bosques secundarios y zonas donde la vegetación natural ha sido reemplazada por pequeñas chacras de asentamientos indígenas y parcelas más grandes de los asentamientos humanos resultantes de la colonización (PRONAREG y ORSTOM, 1983b).

En la cuenca Amazónica (altitudes < 600 m s. n. m.) se pueden diferenciar las colinas y la parte plana (llanura). Las colinas son más o menos modeladas por la disección de bancos sedimentarios. Existen desde rocas íntegramente meteorizadas hasta cantos rodados blandos, cuyos minerales se han transformados en arcillas. En la parte plana se encuentra un relieve ligeramente ondulado, proveniente de material detrítico como cantos rodados y arenas. La vegetación predominante está constituida por bosques y pastizales (PRONAREG y ORSTOM, 1983b; Letamendi, *et al.*, 2007).



**Figura 4.1.** Mapa geológico de la cuenca Oriente: provincias de Morona Santiago, Napo, Pastaza y Sucumbios. Adaptado de IRD, *et al.* (2001).

Los suelos de la parte suroccidental de la región Amazónica se caracterizan por provenir principalmente de materiales parentales metamórficos, con intrusiones graníticas y algunos afloramientos sedimentarios, limitados por líneas de fallas tectónicas. La cordillera del Cutucú se caracteriza por poseer un modelo anticlinal con cimas de crestas y barras asimétricas de materiales del Jurásico. Los materiales de chevrones corresponden a materiales Cretácicos y del Terciario. La vegetación predominante está constituida por bosques, pastizales y pequeñas chacras de asentamientos indígenas (PRONAREG y ORSTOM, 1983b; Letamendi, *et al.*, 2007).

De igual manera, en la parte sur se puede apreciar un relieve montañoso muy accidentado por la presencia de cuevas o mesas de areniscas duras, con escasa extensión de valles. Las lutitas dan lugar a relieves poco estructurados. La vegetación de esta zona, en su mayoría, se compone de bosques y pastizales (PRONAREG y ORSTOM, 1983a).

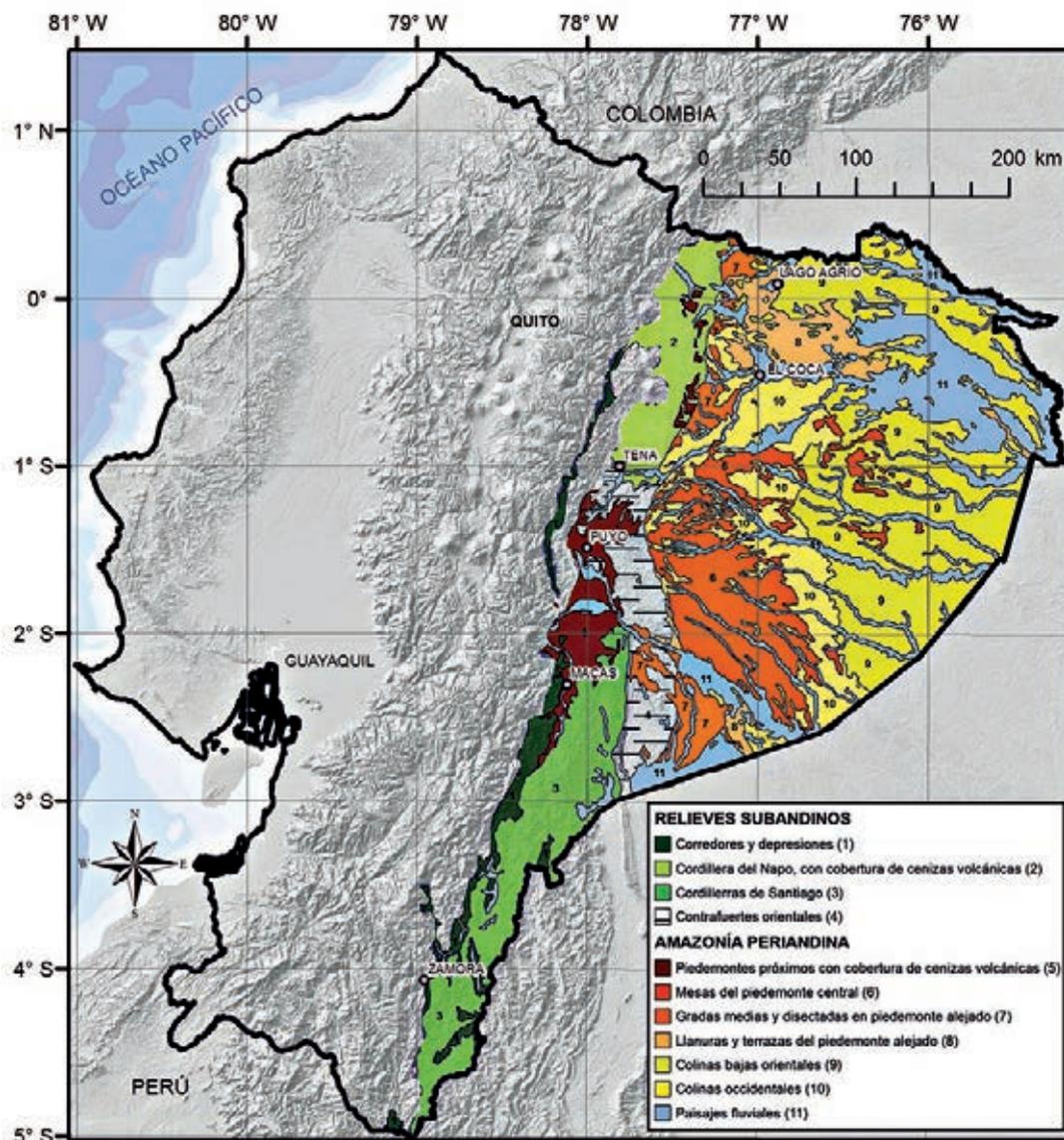


Figura 4.2. Ubicación de los paisajes de la Amazonía con respecto al Ecuador continental. Adaptado de Sourdat y Winckell (1997).

#### 4.1.2. Clima

El clima de la región Amazónica es homogéneo, condición que permite el crecimiento exuberante de la vegetación propia de esta región. El clima se caracteriza por tener dos gradientes pluviométricas distribuidas de la siguiente forma (Sourdat y Winckell, 1997):

##### 4.1.2.1. Gradiente pluviométrica de este a oeste

Los datos de las estaciones pluviométricas de la región Amazónica demuestran la dirección en la que se desarrolla esta gradiente pluviométrica. La estación Tiputini, ubicada en el sector más oriental de la Amazonia ecuatoriana, registra precipitaciones medias anuales de 2 500 mm; la estación Limoncocha, en el centro de la región, registra 3 245 mm; y la estación del Tena, al pie de la vertiente andina oriental, registra 3 484 mm.

#### 4.1.2.2. Gradiente pluviométrica de norte a sur

Sitios con altitudes similares registran una precipitación media anual que paulatinamente se reduce de norte a sur. En Cotundo, la precipitación alcanza valores de 4 590 mm y en el Puyo de 4 410 mm; siguiendo hacia el sur, en Macas, se registra una pluviosidad de 2 550 mm y en Méndez 2 110 mm. En el extremo sur, en San Francisco y Cumbaratzá, se registran precipitaciones de 1 910 mm.

A pesar de que las máximas precipitaciones se registran entre marzo a julio y las mínimas entre julio y febrero, las variaciones mensuales de precipitación no son marcadas. No hay meses secos y en toda la región no existe déficit hídrico.

La temperatura promedio anual de las zonas ubicadas a menos de 300 m s. n. m. es de 25 °C. Las zonas más altas, entre 1 000 y 1 100 m s. n. m., registran una temperatura promedio de 20 °C. Las variaciones de las medias mensuales de temperaturas son inferiores a 2 °C. La humedad relativa varía entre los 85 y 90 % (Sourdat y Winckell, 1997; Espinoza, *et al.*, 2009).

### 4.2. Suelos de la Amazonía

Los relieves amazónicos se caracterizan por un decrecimiento paulatino de altitud de oeste a este que se asemeja a gradas, generando dos paisajes característicos (Sourdat y Winckell, 1997): a) Relieves Subandinos, que comprenden los corredores, cordilleras y contrafuertes; y b) Amazonía Periandina, con los medios fluviales, colinas periandinas y piedemontes. Estos paisajes corresponden a las áreas adyacentes a la cordillera de los Andes y se extienden hasta el límite político con Perú y Colombia hacia el este y noreste, respectivamente (**Figura 4.2**). En los relieves subandinos, las muy fuertes pendientes van desde 3 000 hasta los 600 m s. n. m., mientras que los relieves periandinos, donde la humedad es permanente, las pendientes se localizan a alturas menores a los 600 m s. n. m. (Custode y Sourdat, 1986).

#### 4.2.1. Relieves subandinos

Son aquellos relieves montañosos o submontañosos ubicados escalonadamente entre 2 500 y 500 m s. n. m., lugar donde se apoya, de norte a sur, la vertiente amazónica de los Andes (**Figura 4.2**). Los paisajes corresponden a los levantamientos de una estructura anticlinal o a los corredores, depresiones y estribaciones adyacentes. Gran parte de estos paisajes están recubiertos por cenizas volcánicas que se han adaptado a las formas ya existentes (Sourdat y Winckell, 1997).

Las formaciones de naturaleza geológica de levantamientos anticlinales, con marcados levantamientos alineados, están ubicadas entre los ríos San Miguel y Anzú (levantamiento Napo) al norte y entre los ríos Pastaza y Chinchipe (levantamiento Cutucú) al sur (DGGM y NERC, 1982). Estas formaciones anticlinales están constituidas, en su mayoría, por sedimentos secundarios y terciarios de origen marino o continental y en ellas se pueden encontrar rocas duras en las mesetas, cuevas y espigas, mientras que las rocas blandas se encuentran en espigas despuntadas o colinas altas asimétricas. En estas formaciones se puede observar la presencia de calizas, redes subterráneas, así como formas subkársticas. Una buena parte de estos relieves están recubiertos por cenizas volcánicas (Sourdat y Winckell, 1997; Letamendi, *et al.*, 2007).

##### 4.2.1.1. Corredores, depresiones y bajas vertientes marginales

Estas unidades se dividen por la presencia de una cobertura de ceniza volcánica al norte y centro de los relieves Subandinos (unidad 1 de la **Figura 4.2**).

#### 4.2.1.1.1. Relieves con cobertura de cenizas volcánicas recientes

En estos relieves se encuentran los corredores de Cosanga y Macas-Méndez que atraviesan de norte a sur las provincias de Napo, Tungurahua y Morona, presentando un paisaje escalonado desde los 2 000 a 500 m s. n. m. que recibe precipitaciones de alrededor de 2 500 mm. Además, por estar recubiertos por cenizas volcánicas, en estas áreas se formaron suelos clasificados como Andisoles hidratados. Los suelos son una mezcla de cenizas y coluviones arcillosos sobre flysch y calizas (rocas de origen sedimentario) (**Figura 4.3**) (Sourdat y Winckell, 1997).



**Figura 4.3.** Panorámica del Corredor Cosanga Méndez con cobertura de cenizas volcánicas recientes (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016a).

El perfil modal de los suelos de los corredores, depresiones y vertientes bajas marginales con cobertura de cenizas volcánicas (localidades de Baeza y El Chaco al norte y localidades de Macas y Sucúa al centro) corresponde al suelo clasificado como Hydric Hapludands (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 4.4** y **Cuadro 4.1**). Estos suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos (~ 1.4 m) y presentar una fuerte reacción al fluoruro de sodio (NaF).



**Figura 4.4.** Perfil del suelo clasificado como Hydric Hapludands (izquierda) ubicado en Baeza, Quijos, Napo, sobre el cual se cultivan pastos (derecha) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016f).

**Cuadro 4.1.** Características del perfil de suelo clasificado como Hydric Hapludands (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016f).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-25	Color en húmedo: pardo oscuro (7.5YR 3/2); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; densidad aparente: de 0.49 g cm <sup>-3</sup> ; media reacción al NaF; pH: 6.5; materia orgánica: 9.9 %; CIC: 10.2 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación bases: 72 %; capacidad de campo: 110 %; punto de marchitez permanente: 80 %.
Bw1	25-65	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franco arcillo arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.6; materia orgánica: 3.5 %; CIC: 6 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 70 %.
Bw2	65-100	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10Y 4/4); textura: arcillo limosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.0.
Bw3	100-140	Color en húmedo: pardo (10YR 5/3); textura: arcillo limosa; estructura: bloques subangulares; media reacción al NaF; pH: 6.0.

Siguiendo hacia el sur del corredor se encuentran suelos formados sobre depósitos de cantos rodados de origen volcánico, clasificados como Oxic Dystrudepts (Soil Survey Staff, 2006). Estos suelos tienen colores pardos, baja fertilidad y concentraciones altas de aluminio intercambiable (Al<sup>3+</sup>) (MIDENA, *et al.*, 2013a).

#### 4.2.1.1.2. Relieves sin cobertura de cenizas

El corredor Limón-Gualaquiza se encuentra entre la cordillera de los Andes y las cordilleras Cutucú y Cóndor, correspondientes al grupo Limón (**Figura 4.5**) que se caracteriza por poseer una diversidad de formas y paisajes y presentar suelos amarillos. El grupo Limón contiene tres diferentes formaciones: a) Formación con crestas aisladas donde predominan los suelos ferralíticos más o menos húmidos como los de la depresión de Zumba; b) Crestas periféricas metamórficas, depósitos sedimentarios internos, partes bajas de las vertientes y los flancos coluviales de los valles del sur que tienen suelos ferralíticos, a veces rejuvenecidos y pedregosos, ubicados sobre coluviones; y c) Vertientes fuertemente disectadas con suelos ferralíticos y pseudo-ferralíticos rejuvenecidos por coluviación, desarrollados sobre flysch y rocas calcáreas, neutros y saturados (PRONAREG y ORSTOM, 1983b).



**Figura 4.5.** Panorámica del corredor Limón-Gualaquiza sin cobertura de cenizas volcánicas (foto de Carlos Montúfar).

Los suelos más representativos de esta zona están clasificados como Lithic Udorthents y Oxic Dystrudepts (**Figuras 4.6 y 4.7 y Cuadros 4.2 y 4.3**) (Soil Survey Staff, 2006). En general, estos suelos presentan una morfología con una secuencia de horizontes tipo Ap/Bw/C. Los horizontes superficiales tienen colores negros, mientras que a profundidad los colores son amarillos y hasta rojizos. Las texturas son franco arcillosas en la superficie y arcillo limosas en el horizonte de cambio subyacente (Bw). Los horizontes A y B exhiben estructura de tipo bloques subangulares a angulares. Químicamente, son suelos de pH ácido, con una saturación de bases < 50 % (MIDENA, *et al.*, 2013a). Los suelos Lithic Udorthents son poco profundos, ya que presentan un contacto lítico a los 50 cm.



**Figura 4.6.** Perfil de suelo clasificado como Lithic Udorthents (izquierda) ubicado en Cuyataza, Sucúa, Morona Santiago, sobre un relieve montañoso (derecha) (MIDENA, *et al.*, 2013b).

**Cuadro 4.2.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Lithic Udorthents (MIDENA, *et al.*, 2013b).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-10	Color en húmedo: pardo oscuro (7.5YR 3/2); textura: franco arenosa; estructura: granular a bloques subangulares, con fragmentos de tipo piedra; pH: 4.8; materia orgánica: 5.3 %; CIC: 16 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación bases: 43 %.
R	10+	Roca.

**Figura 4.7.** Perfil del suelo clasificado como Oxic Dystrudepts (izquierda) ubicado sobre los restos de una superficie estructural (derecha), El Pangui, Zamora Chinchipe (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016d).**Cuadro 4.3.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Oxic Dystrudepts (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016d).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-20	Color en húmedo: pardo (10YR 3/4); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 4.3; materia orgánica: 6.8 %; CIC: 10.5 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación bases: 12 %.
Bw1	20-42	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/3); textura: arcilla pesada; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de grava gruesa; pH: 5.5; materia orgánica: 3.2 %; CIC: 10.8 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 7 %.
Bw2	42-62	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10Y 4/6); textura: arcilla pesada; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de piedras; pH: 5.9; materia orgánica: 1.9 %.
BC	62-135	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/8); textura: arcillo limosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de piedras; pH: 5.0.

#### 4.2.1.2. Cordilleras subandinas

Entre la cordillera de los Andes y la llanura Amazónica se eleva la tercera cordillera o región subandina. Los relieves más evidentes son el domo del Napo al norte y la Sierra del Cutucú al sur. Estas estructuras están separadas por una depresión situada entre los valles del alto Napo y del alto Pastaza. En el sur,

la cordillera del Cóndor se prolonga e ingresa en territorio peruano (unidades 2 y 3 de la **Figura 4.2**) (Bristow y Hoffstetter, 1977).

#### 4.2.1.2.1. Cordillera del Napo con cobertura de cenizas volcánicas

Estos paisajes pertenecen al levantamiento de la estructura Napo formado por sedimentos Cretácicos, en su mayoría marinos (unidad 2 de la **Figura 4.2**). Esta unidad se halla cubierta por cenizas volcánicas. Dentro de estos paisajes se encuentran geformas de composición areniscosa y arcillosa como relieves colinados, superficies inclinadas u horizontales, cornisas y vertientes de mesa, frentes y vertientes de cuevas o chevrones y superficies y abruptos de cono de deyección o esparcimiento. También se encuentran ondulaciones suaves y rebajadas sobre caliza, con modelado subkárstico como lapiaz, dolinas y grutas (**Figura 4.8**) (Sourdat y Winckell, 1997).



**Figura 4.8.** Paisajes de la cordillera del Napo con cobertura de cenizas volcánicas (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016c).

En estos paisajes, las cenizas provenientes de los volcanes Sumaco y Reventador han cubierto todas las formas preexistentes con capas continuas de varios metros de espesor. Las condiciones de edafogénesis de estas cenizas son similares para todos estos paisajes, así, las temperaturas medias anuales varían de 17 a 24 °C, según la altura; las precipitaciones se sitúan entre los 4 000 y 7 000 mm y la nubosidad es particularmente fuerte. Estas condiciones climáticas explican la meteorización íntegra del manto de cenizas, independientemente de su edad o su profundidad (Sourdat y Winckell, 1997).

En esta zona predomina el bosque tropical denso, el cual, en forma excepcional, se adapta a la altura o a los suelos muy poco profundos desarrollados en geformas accidentadas. En zonas pantanosas esta vegetación cede el paso a formaciones abiertas con palmeras. La vegetación mantiene sobre el suelo capas apreciables de hojarasca que desarrollan horizontes superficiales húmiferos muy densos, sobre todo en altura (Sourdat y Winckell, 1997). En esta zona existe una transformación parcial del bosque a cultivos y pastos (**Figura 4.9**).



**Figura 4.9.** Paisajes de la cordillera del Napo con vegetación fuertemente perturbada.

Los suelos desarrollados sobre estos paisajes son Andisoles hidratados, los mismos que se caracterizan por el predominio de arcillas amorfas que, junto con la materia orgánica, forman complejos órgano-minerales estables, con una tasa de saturación de bases  $< 50\%$ , una capacidad de retención de agua a  $pF3 > 100\%$  y una densidad aparente muy baja ( $0.2$  a  $0.4 \text{ g cm}^{-3}$ ) (Custode y Sourdat, 1986; Sourdat y Winckell, 1997).

El perfil modal de esta zona, de tipo A/Bw, pertenece a un suelo clasificado como Acrudoxic Hapludands, cuya característica es el bajo contenido de bases extraíbles ( $< 2 \text{ cmol kg}^{-1}$ ) (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 4.10** y **Cuadro 4.4**). La reacción al NaF es muy fuerte en todo el perfil, con excepción del nivel blanco (rico en halloysita) y el contenido de materia orgánica en la superficie y a profundidad es alto ( $> 10\%$ ) (Custode y Sourdat, 1986; Zebrowski y Sourdat, 1997).



**Figura 4.10.** Perfil del suelo clasificado como Acrudoxic Hapludands (izquierda) en Cascales, Sucumbíos (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016e), ubicado en un paisaje característico de la cordillera del Napo (derecha).

**Cuadro 4.4.** Descripción de las características del perfil de suelo clasificado como Acrudoxic Hapludands (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016e).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-20	Color en húmedo: pardo muy oscuro (10YR 2/2); textura: franco arcillosa; estructura: granular a bloques subangulares; densidad aparente: de 0.31 g cm <sup>-3</sup> ; fuerte reacción al NaF; pH: 6.1; materia orgánica: 9.4 %; CIC: 6.6 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación bases: 11 %.
Bw1	20-41	Color en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.4; materia orgánica: 6.6 %; CIC: 4.5 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 12 %.
Bw2	41-85	Color en húmedo: pardo (10Y 3/4); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; media reacción al NaF; pH: 6.2; materia orgánica: 3.0 %; CIC: 4.8 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 13 %.
Bw3	85-140	Color principal en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/6) y color secundario en húmedo: pardo fuerte (7.5YR 5/8); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; media reacción al NaF; pH: 6.3; materia orgánica: 1.7 %; CIC: 5.1 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 10 %.

#### 4.2.1.2.2. Cordillera del Santiago sin cobertura de cenizas

La cordillera del Santiago es más voluminosa y accidentada que la cordillera del Napo. En esta estructura se originan las cordilleras del Cutucú y del Cóndor que en conjunto forman una tercera cordillera situada paralelamente a las dos principales cordilleras de los Andes (unidad 3 de la **Figura 4.2**). En esta unidad predominan los relieves muy accidentados como las vertientes y frentes de chevrón (**Figura 4.11**) y los relieves disectados, como las vertientes rectilíneas y heterogéneas con fuerte disección (localmente macizos con restos de formas estructurales), ambos asentados sobre calizas y areniscas. Existen también superficies monoclinales residuales más o menos disectadas como las superficies inclinadas sobre rocas calcáreas (PRONAREG y ORSTOM, 1983a; Sourdat y Winckell, 1997).



**Figura 4.11.** Paisaje de la cordillera del Cutucú sin cobertura de cenizas volcánicas (foto de Carlos Montúfar).

La cordillera del Cóndor es una extensión oriental de la cadena andina principal que se extiende alrededor de 150 km de norte a sur, formando parte de la frontera internacional entre Ecuador y Perú (**Figura 4.12**). El punto de mayor altitud llega a alrededor de 2 500 m s. n. m. El paisaje dominante se compone de relieves accidentados, principalmente sobre granitos y modelados estructurales sobre areniscas, como las cornisas y vertientes de mesa. Asimismo, existen superficies de cono de esparcimiento disectados y relieves colinados (Sourdat y Winckell, 1997). Estos relieves están asociados litológicamente a rocas del período Cretácico (Bristow y Hoffstetter, 1977).



**Figura 4.12.** Paisaje de la cordillera del Cóndor sin cobertura de cenizas volcánicas.

En ambas cordilleras no hay una cobertura generalizada de cenizas, pero algunas áreas localizadas en las vertientes que rodean al volcán Sangay presentan cenizas que se supone provienen su actividad. Las altitudes de las cordilleras varían entre 2 500 y 500 m s. n. m., por lo tanto, las temperaturas medias anuales se ubican entre 13 y 21 °C. Las precipitaciones son de alrededor de 2 000 mm al año (Sourdat y Winckell, 1997).

Estos paisajes se encuentran cubiertos por matorrales, bosques pluviales o bosques húmedos tropicales, los cuales, lamentablemente, tienden a reducirse por las prácticas de corte, quema, siembra de cultivos anuales (maíz) y por la ampliación del área de pastos naturales (**Figura 4.13**). En los últimos años, la expansión del área agrícola, principalmente de las áreas dedicadas a pastos, ha sido uno de los principales agentes de deterioro de los bosques Amazónicos (Mena, *et al.*, 2006; Brondízio, *et al.*, 2009).

La cobertura edafológica de esta unidad agrupa los siguientes tipos de suelos: a) Suelos poco evolucionados, b) Suelos ferralíticos y pseudoferralíticos y c) Suelos podzólicos retocados.



**Figura 4.13.** Paisajes de la cordillera del Santiago con vegetación perturbada (fotos de Carlos Montúfar).

## Suelos poco evolucionados

Estos suelos son aquellos en los cuales los procesos erosivos son mayores que los procesos pedogenéticos, por esta razón, los perfiles son delgados, muchas veces < 10 cm, generalmente con presencia de roca a 50 cm de profundidad formando un perfil tipo A/C/R o A/R. El color del horizonte superficial es pardo amarillento oscuro a pardo amarillento, con textura franco arcillosa y arcillosa (Custode y Sourdat, 1986). Estos suelos se clasifican como Typic Udorthents y Lithic Udorthents (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 4.14** y **Cuadro 4.5**).



**Figura 4.14.** Perfil del suelo poco evolucionado clasificado como Lithic Udorthents (izquierda), sobre pendientes muy pronunciadas (derecha) (Haro y Montúfar, 2014).

**Cuadro 4.5.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Lithic Udorthents (Haro y Montúfar, 2014).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Color pardo en húmedo: muy oscuro (10YR 2/2); textura: franco arcillo arenosa; estructura: grumosa, con fragmentos de grava; pH: 4.8; materia orgánica: 8.5 %; CIC: 27 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 31 %.
C	15-45	Color en húmedo: gris (10YR 5/1); textura: arcillo arenosa; estructura: masiva, con fragmentos de piedras.
R	45+	Roca.

## Suelos ferralíticos y pseudoferralíticos

Estos suelos tienen colores vivos, sobre todo en el horizonte B, son profundos y están sobre rocas muy alteradas que han generado minerales arcillosos tipo 1:1 (caolinita y halloysita). Además, son suelos en los que están siempre presentes óxidos de hierro (goetita y hematita) y en muchos casos óxidos de aluminio (gibbsite). La saturación de bases es < 50 % (desaturados) debido a la intensidad de las precipitaciones (> 2 500 mm) que promueve regímenes de humedad údicos y perúdicos en el suelo (Zebrowski y Sourdat, 1997).

Los perfiles de estos suelos son de tipo A/B/C, con horizontes más o menos diferenciados, desarrollados, transformados o rejuvenecidos. Bajo la cobertura forestal original, los 20 primeros cm del perfil son ricos en materia orgánica (> 4 %). Las texturas dependen del material original y pueden presentar residuos cuarzosos (hasta 90 %). Los horizontes superficiales son frecuentemente pobres en arcilla, sin evidencias de acumulación en el horizonte B y sin formación de horizontes argílicos (Zebrowski y Sourdat, 1997).

Tomando en cuenta las condiciones climáticas y topográficas de la zona, todos estos suelos deberían clasificarse como ferralíticos con una relación Si:Al < 2, sin embargo, existe una importante proporción de suelos con arcillas 2:1, cuya relación Si:Al sigue siendo > 2. Además, en estos suelos, salvo en el caso de rejuvenecimiento por erosión o coluvionación, la lixiviación de bases es alta, la cantidad de cationes intercambiables es generalmente < 4 cmol kg<sup>-1</sup> y la tasa de saturación de bases es generalmente < 10 % y en ciertos casos puede reducirse hasta saturaciones < 1 %. Las cantidades de hierro (Fe) libre son elevadas y la relación Fe libre:Fe total está entre 0.5 y 0.9, los contenidos de Al<sup>3+</sup> son excepcionalmente altos y el pH siempre es < 5.5 pudiendo descender hasta valores < 4.

Los suelos desaturados muy ácidos y más ricos en Al<sup>3+</sup> son los que contienen la mayor cantidad de minerales 2:1. Estos suelos se denominan pseudoferralíticos porque resulta difícil identificar sus características y delimitar su extensión en relación con los verdaderos suelos ferralíticos (Zebrowski y Sourdat, 1997).

En la Amazonía existen suelos cuyas características físico-químicas son similares a los Oxisoles, sin embargo, estos suelos no tienen un horizonte óxico, condición necesaria para ser clasificados en este orden (CIAT, 1983) y, por esta razón, se clasifican como Oxyc Dystrudepts (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 4.15** y **Cuadro 4.6**) que se caracterizan por una pobre fertilidad y altos contenidos de Al<sup>3+</sup>.



**Figura 4.15.** Perfil del suelo clasificado como Oxyc Dystrudepts (izquierda) ubicado en Gualaquiza, Morona Santiago, sobre el cual se cultivan pastos (derecha) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015b).

**Cuadro 4.6.** Descripción de las características del perfil de suelo clasificado como Oxyc Dystrudepts (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015b).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-35	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (7YR 4/4); textura: arcillosa (44 % de arcilla); estructura: bloques subangulares; pH: 5; Al <sup>3+</sup> : 3.9 cmol kg <sup>-1</sup> ; materia orgánica: 2.8 %; CIC: 6 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 18 %.
A	35-80	Color en húmedo: pardo fuerte (7.5YR 5/4); textura: arcillosa (49 % de arcilla); estructura: bloques subangulares, con fragmentos de grava gruesa; pH: 4.9; Al <sup>3+</sup> : 6.4 cmol kg <sup>-1</sup> ; materia orgánica: 1.8 %; CIC: 6.8 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 10 %.
Bw	80-140	Color en húmedo: pardo fuerte (7.5YR 5/3); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de grava gruesa.

Por otro lado, los suelos pseudoferralíticos se clasifican como Oxic o Typic Dystrudepts (**Figura 4.16** y **Cuadro 4.7**) y se caracterizan por tener un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de horizontes alterados denominados cámbicos (Bw). En general, los horizontes de estos suelos presentan una CIC < 24 cmol kg<sup>-1</sup> en el caso de los Oxic Dystrudepts y > 24 cmol kg<sup>-1</sup> en el caso de los Typic Dystrudepts (Soil Survey Staff, 2006). Estos suelos presentan un perfil del tipo A/B/C.



**Figura 4.16.** Perfil del suelo clasificado como Oxic Dystrudepts (izquierda) ubicado en Tiwintza, Morona Santiago, sobre una vertiente con pendiente fuerte (40 a 70 %) (derecha) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015a).

**Cuadro 4.7.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Oxic Dystrudepts (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015a).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-22	Color en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3), con moteado pardo fuerte (7.5YR 4/6); textura: arcillo limosa; estructura: bloques subangulares, con muchos fragmentos de grava gruesa; pH: 5.8; materia orgánica: 4.0 %; CIC: 6.9 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 14 %.
Bw	22-40	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/6); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares, con muchos fragmentos de grava gruesa; pH: 6.0; materia orgánica: 0.9 %; CIC: 8.4 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 11 %.
Cr	40-100	Fragmentos gruesos de cantos e intemperización fuerte.

#### 4.2.1.3. Contrafuertes subandinos

Esta zona está localizada en un área de transición entre las cordilleras subandinas y las colinas periandinas (unidad 4 de la **Figura 4.1**), con altitudes cercanas a los 1 000 m s. n. m. al norte, descendiendo hasta aproximadamente 500 m s. n. m. hacia el sur. La temperatura media anual varía entre 21 y 24 °C y la precipitación se aproxima a los 3 000 mm (Sourdat y Winckell, 1997).

El fuerte tectonismo y plegamiento durante el levantamiento andino promovió la presencia de colinas de piedemonte, conformadas por relieves fuertemente disectados, irregulares y angulosos, cuevas disectadas, chevrones y vertientes irregulares, con pendientes escarpadas y cóncavas de material sedimentario arenoso y arcilloso rojizo. Estos materiales han aflorado a causa de procesos erosivos antiguos y se diferencian de los piedemontes de materiales de sedimentos gruesos del norte y de las areniscas tobáceas y arcillas de abanicos de piedemonte del sur (**Figura 4.17**) (Sourdat y Winckell, 1997).



**Figura 4.17.** Panorámica de los relieves disectados, cubiertos por vegetación natural, ubicados en la provincia de Pastaza.

Los suelos de esta unidad son los característicos de zonas tropicales de gran pluviosidad. Predominan los colores rojos (5YR 5/6 a 2.5YR 4/8) y amarillos (2.5Y 5/2 a 5Y 6/6) de acuerdo con la hidratación del Fe y, por lo general, son franco arcillosos de buena aireación y buen drenaje (Zebrowski y Sourdat, 1997). Debido a los altos volúmenes de precipitación, los porcentajes de saturación de bases son bajos (< 35 %) y la acidez del medio limita la actividad microbiana (Mejía, 1997). Estos suelos de baja fertilidad natural y contenidos tóxicos de  $Al^{3+}$  se clasifican como Typic u Oxic Dystrudepts (Soil Survey Staff, 2006) (**Figuras 4.18, 4.19 y Cuadros 4.8, 4.9**).



**Figura 4.18.** Perfil de suelo clasificado como Typic Dystrudepts (izquierda) ubicado en el Arajuno, Pastaza, sobre una vertiente heterogénea (derecha) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

**Cuadro 4.8.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Typic Dystrudepts (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-20	Color principal en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/6) y color secundario en húmedo: rojo amarillento (5YR 5/8); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.8; materia orgánica: 1.5 %; CIC: 15.6 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 37 %.
Bw	20-45	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/8); textura arcillosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de grava media; pH: 6.0; materia orgánica: 0.7 %; CIC: 16.5 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 35 %.
C	45-85	Color principal en húmedo: amarillento parduzco (10YR 6/6) y color secundario en húmedo: gris azulado (GLEYS 2 6/10B); textura arcillosa; estructura: masiva, con fragmentos de grava media; pH: 5.5.
Cr	85-110	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); estructura: fragmentos de piedras.

**Figura 4.19.** Perfil de suelo clasificado como Oxic Dystrudepts (izquierda) ubicado en Simón Bolívar, Pastaza, Pastaza, sobre una vertiente rectilínea (derecha) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

**Cuadro 4.9.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Oxic Dystrudepts (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-25	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de piedras; pH: 5.9; materia orgánica: 2.9 %; CIC: 19.5 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 41 %.
Bw1	25-45	Color en húmedo: pardo rojizo oscuro (5YR 3/2); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 5.9; materia orgánica: 5.7 %; CIC: 16.8 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 56 %.
Bw2	45-70	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de piedras; pH: 6.2; materia orgánica: 2.5 %.
Bw3	70-95	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/4); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de piedras; pH: 5.0.
C	95-150	Color en húmedo: amarillo pálido (5Y 7/4); textura: arcillosa; estructura: masiva; pH: 5.

En esta área también se pueden encontrar suelos clasificados como Lithic Udorthents que tienen una delgada capa de suelo y material orgánico sobre la roca. Estos suelos se desarrollaron en pendientes pronunciadas y que al talarse la cubierta vegetal pierden el material órgano-mineral de la superficie (horizontes O y A), lo que favorece el afloramiento del material parental. Por esta razón, no se aconseja el uso de estos suelos para actividades agrícolas o ganaderas (Cañadas, 1983; Añazco, *et al.*, 2010).

#### 4.2.2. Suelos de la Amazonía Periandina

##### 4.2.2.1. Piedemontes

##### 4.2.2.1.1. Piedemontes próximos con cobertura de cenizas volcánicas

Esta unidad corresponde a los relieves más altos de los Piedemontes Periandinos y representan un amplio complejo de glaciares disectados (**Figura 4.20**) que se extienden sobre las zonas del Puyo, Palora y Macas, en altitudes que se encuentran entre los 1 100 y los 900 m s. n. m. (unidad 5 de la **Figura 4.1**). Estos conos se formaron por el aporte aluvial de los ríos Pastaza, Palora y Upano y, adicionalmente, por el gran aporte de cenizas volcánicas provenientes de los volcanes Tungurahua y Sangay. Las condiciones climáticas prevalentes, con temperaturas medias anuales de alrededor de 20 °C y con precipitaciones que se aproximan a los 5 000 mm anuales, son factores formadores que han promovido el desarrollo de Andisoles hidratados clasificados como Hydrudands (Soil Survey Staff, 2006) que se caracterizan por su alta retención de humedad (> 100 %). Dado el régimen de humedad perúdic de este tipo de suelos, la alteración de los materiales primarios es casi completa, lo que da como resultado una mezcla de alófana, materia orgánica y sesquióxidos (Sourdat y Winckell, 1997; Pacheco, 2009).



**Figura 4.20.** Panorámica de los grandes glacia de esparcimientos disectados de los piedemontes con cobertura de cenizas volcánicas ubicados en Fátima, Pastaza, Pastaza (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016b).

Morfológicamente, el perfil modal de este tipo de suelos presenta una distribución de horizontes Ap/AB/Bw. En la **Figura 4.21** y el **Cuadro 4.10** se visualiza la formación de un horizonte cámbico (Bw), lo que indica el poco desarrollo pedogenético característico de los Andisoles.



**Figura 4.21.** Perfil del suelo clasificado como Hydríc Hapludands ubicado sobre un abrupto de cono de esparcimiento en Tarqui, Pastaza, Pastaza, caracterizado por su alta retención de humedad (> 100 %) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

**Cuadro 4.10.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Hydric Hapludands (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-20	Color en húmedo: negro (10YR 2/1); textura: franco arcillo arenosa; estructura: granular; densidad aparente: 0.18 g cm <sup>-3</sup> ; fuerte reacción al NaF; pH: 6.0; materia orgánica: 11.8 %; CIC: 3.9 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 34 %.
Bh	20-50	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 3/4); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.2; materia orgánica: 5.2 %; CIC: 3.6 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 24 %.
Bw1	50-75	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franco arenosa; estructura prismática a bloques; media reacción al NaF; pH: 6.2; materia orgánica: 3.4 %; CIC: 5.4 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 14 %.
Bw2	75-110	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/6); textura: franco arenosa; estructura: prismática a bloques; media reacción al NaF; pH: 6.5.
Bw3	110-160	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/6); textura: franco arenosa; estructura: prismática a bloques; media reacción al NaF; pH: 6.5.

Por sus condiciones físicas estos son suelos profundos y de buena estructura caracterizados por tener una densidad aparente < 0.8 g cm<sup>-3</sup>. Las condiciones de drenaje son buenas, es decir, la eliminación del agua dentro del perfil es fácil, aunque no rápida. Hacia las zonas de pendientes planas el drenaje es más lento, debido al incremento de arcilla a profundidad, lo que dificulta el movimiento del agua al interior del suelo.

Estos suelos tienen pH ácido (~ 5.9), niveles altos de materia orgánica (3.2 %), CIC entre 5 a 10 cmol kg<sup>-1</sup> y una saturación de bases < al 35 %. Debido a su baja CIC no son capaces de retener los cationes esenciales para nutrición de la planta (Mejía, 1997).

#### 4.2.2.1.2. Piedemontes de materiales detríticos sin cenizas

Estos Piedemontes corresponden a glaciares o conos de esparcimiento muy amplios, de pendientes generalmente suaves, que se abren desde el oeste hacia el este, entre los grandes cauces de los ríos Napo y Pastaza (unidad 6, 7 y 8 de la **Figura 4.1**). El material parental originario proviene de la formación Mesa, que corresponde a una serie plio-pleistocena de terrazas disectadas, constituidas por depósitos clásticos de tamaño mediano y grueso, derivados de procesos erosivos de la Sierra que, adicionalmente, se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios (Sourdat y Winckell, 1997). Este material geológico ha formado suelos clasificados como Inceptisoles que presentan un incipiente desarrollo pedogenético que si bien se formaron a partir de arcillas amarillas, plásticas, ricas en gravas de cuarzo, no presentan evidencia de procesos de iluviación que reflejen una alta meteorización de los suelos.

Las altitudes de estas zonas, que se enmarcan entre los 900 y 300 m s. n. m, están asociadas a temperaturas > 22 °C en años normales y precipitaciones que alcanzan los 4 500 mm anuales (Sourdat y Winckell, 1997). Estas condiciones climáticas, especialmente de precipitación, han dado origen a suelos distróficos (saturación de bases < 50 %) que corresponden al gran grupo de los Dystrudepts (Soil Survey Staff, 2006). La cobertura natural predominante del paisaje corresponde a grandes áreas dedicadas a pastizales para ganadería extensiva de doble propósito (**Figura 4.22**). Asimismo, existen extensas áreas dedicadas a la siembra de palma aceitera, palmito y cacao que han sido aprovechadas para este propósito por las condiciones topográficas favorables (INEC, 2019).



**Figura 4.22.** Paisaje de los grandes glaciares de esparcimiento ligeramente ondulados aprovechados con pastizales.

La mayoría de los perfiles de suelo descritos en estas áreas presentan una secuencia de horizontes del tipo Ap/Bw1/Bw2 (**Figura 4.23** y **Cuadro 4.11**). Son suelos profundos, de drenaje moderado, es decir, el agua circula con cierta dificultad lo que provoca que en las zonas planas exista encharcamiento por períodos cortos promovido por el contenido de arcilla al interior del perfil.



**Figura 4.23.** Perfil del suelo clasificado como Humic Dystrudepts ubicado en Mera, Pastaza (izquierda), sobre una vertiente rectilínea con pendiente del ~50 %, (derecha) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

**Cuadro 4.11.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Humic Dystrudepts (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-25	Color en húmedo: gris muy oscuro (10YR 3/1); textura: franco arenosa; estructura: grumosa; pH: 5.9; materia orgánica: 7.0 %; CIC: 13.2 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 18 %.
Bw1	25-59	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franco arcillo arenosa; estructura: bloques angulares y subangulares, con fragmentos de grava gruesa; pH: 6.4; materia orgánica: 2.0 %; CIC: 5.1 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 18 %.
Bw2	59-110	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/4); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de grava gruesa; pH: 6.5.
Bw3	110-135	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares, con fragmentos de piedras; pH: 6.5.

Además, son suelos con bajos porcentajes de saturación de bases (< 35 %), baja CIC (5 a 10 cmol kg<sup>-1</sup>), contenidos medios a bajos de materia orgánica y pH que fluctúa entre medianamente ácido a ácido, condición que podría promover la presencia de problemas de toxicidad de Al<sup>3+</sup>. Estos suelos, por haberse desarrollado en zonas muy húmedas, presentan elevada lixiviación de Si y otros cationes como K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> y Na<sup>+</sup> lo que hace que sean suelos de baja fertilidad (Mejía, 1997).

#### 4.2.2.2. Colinas periandinas sobre areniscas, conglomerados y arcillas

Los paisajes de la cuenca amazónica están constituidos principalmente por macizos colinarios ubicados entre la ruptura de la pendiente de la parte andina o subandina y la frontera con el Perú, a altitudes entre 600 y 250 m s. n. m. (unidades 9 y 10 de la **Figura 4.1**). En estas colinas, las características de los paisajes de piedemonte que están fuertemente marcadas por el origen granítico, metamórfico o volcánico de los materiales superficiales, son cada vez menos perceptibles, pero nunca ausentes, lo que justifica que se haya dado a este conjunto el nombre de periandino. Todas las formaciones sedimentarias periandinas están sobre el Escudo Guayanés; son casi horizontales y no han sufrido arrugamientos, lo que explica la brusca discontinuidad estructural y ruptura de la pendiente. Las colinas se han cartografiado como afloramientos mio-pliocenos cuando, en realidad, el substrato mio-plioceno está siempre presente, disectado en colinas o erosionado en plataformas. Las temperaturas medias anuales de esta zona son > 23 °C y las precipitaciones van desde los 2 500 hasta los 4 500 mm al pie del reborde andino. Como no existe variación en los parámetros altitudinales y climáticos, la cobertura edafológica se distingue por la calidad del drenaje (Sourdat y Winckell, 1997).

##### 4.2.2.2.1. Colinas bajas orientales

Estas formas de relieve son el paisaje más generalizado que caracteriza a la Amazonía ecuatoriana y se presentan como un conjunto de pequeños relieves con escasos desniveles (10 a 20 m), convexos, con pendientes < 40 %, iguales y nivelados entre sí, razón por la cual se conocen como media naranjas (**Figura 4.24**). También se presentan colinas más altas, que no pasan de 50 m de desnivel relativo, con vertientes más fuertes, asociadas en alineamientos o en macizos dentro de los cuales el nivelamiento no es riguroso. Un tercer paisaje está conformado por un conjunto de colinas con cimas redondeadas, generalmente de aspecto tabulario, limitadas por un pequeño abrupto de contorno. A este último conjunto se le ha dado el nombre de Mar de Colinas Aledañas y se localiza en medio de los interfluvios ubicados en la parte nororiental de la Amazonía ecuatoriana (unidad 9 de la **Figura 4.1**) (Sourdat y Winckell, 1997).

Los cortes de las colinas muestran capas decimétricas de conglomerados con guijarros y arenas al lado norte, mientras que al lado sur son más frecuentes los estratos decimétricos de materiales arcillosos (**Cuadro 4.12**), areniscosos o pelíticos (Sourdat y Winckell, 1997).



**Figura 4.24.** Perfil de suelo clasificado como Typic Palehumults (izquierda) ubicado Cuyabeno, Sucumbíos, en las colinas en media naranja (derecha), (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015c).

**Cuadro 4.12.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Typic Palehumults (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015c).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-10	Color en húmedo: pardo (7.5YR 4/2); textura: arcillosa; estructura: granular; pH: 4.2; materia orgánica: 9.0 %; CIC: 44 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases 2.2 %.
Bt1	10-40	Color en húmedo: pardo (7.5YR 4/4); textura: arcilla pesada; estructura: bloques subangulares; pH: 4.1; materia orgánica: 3.3 %; CIC: 40 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 0.9 %.
Bt2	40-70	Color en húmedo: pardo fuerte (7.5YR 4/6); textura: arcilla pesada; estructura: prismática a bloques; pH: 4.5; materia orgánica: 2.4 %; CIC: 38 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 1.9 %.
Bt3	70-120	Color en húmedo: rojo amarillento (5YR 5/6); textura: arcillosa; estructura: prismática a bloques; pH: 5.0.
Bt4	120-150	Color en húmedo: principal rojo (2.5YR 4/8); textura: arcillosa; estructura: prismática a bloques; pH: 5.0; materia orgánica: 2.1 %.

#### 4.2.2.2.2. Colinas occidentales

El difícil acceso a estos paisajes hace que sean poco explorados, pero la fotointerpretación ha permitido reconocer y delimitar zonas de colinas generalmente más altas que las bajas colinas orientales. Son colinas angulares, de tamaño medio y bajo, localizadas exclusivamente en la parte occidental de la Amazonía ecuatoriana, próxima a los relieves subandinos que tienen pendientes más fuertes (> 40 %) (Unidad 10 de la **Figura 4.1**). Esta zona también agrupa a las vertientes inferiores de las mesas y los relieves periféricos derivados de estructuras tabulares, con pendientes de suaves a fuertes (Sourdat y Winckell, 1997).

La cobertura edafológica de estas colinas periandinas es la más extendida de la Amazonía ecuatoriana y asocia varios tipos de suelos rojos muy ácidos ( $\text{pH} < 4.5$ ) de perfiles tipo A/B/C/R, caracterizados por el predominio de horizontes que han pasado por procesos intensos de lixiviación bases y Si (ferralitización), que generan acumulación de Fe (como óxido férrico). Los horizontes A son similares, pero los horizontes B son muy diferentes de un perfil a otro porque la disección colinada recorta imprevisiblemente el estrato de material original. Estos suelos se caracterizan, además, por el predominio de horizontes alteríticos, cuyo desarrollo sobrepasa la profundidad de los cortes corrientes y nunca deja ver la roca alterada. En esta gran cobertura edafológica se presentan dos tipos generales de suelos (Custode y Sourdats 1986):

- Suelos rojos claros, arcillosos y compactos, horizontes poco diferenciados seguidos a poca profundidad por plintita constituida por montmorillonita, illita, vermiculita y caolinita asociadas a cuarzo y con  $< 15\%$  de óxidos. Son suelos desaturados (entre 1 y 20 % de saturación de bases) y con cantidades altas de  $\text{Al}^{3+}$  tóxico (Figura 4.25 y Cuadro 4.13).
- Los suelos rojos oscuros, más profundos, mejor organizados y drenados, más arcillosos, constituidos por caolinita y poca gibsitita, cuarzo y óxidos. Son desaturados y tienen altas cantidades de  $\text{Al}^{3+}$  tóxico.

En estos suelos, que tienen un régimen de temperatura isohipertérmico y un régimen de humedad de údico a perúdic, los parámetros como la saturación de bases y el contenido de  $\text{Al}^{3+}$  indican que son suelos de baja fertilidad. Lo anterior, junto a las limitaciones de relieve, hace que el potencial agropecuario de esta zona sea muy restringido (Custode y Sourdats, 1986).



**Figura 4.25.** Perfil del suelo clasificado como Plinthic Kandihumults (izquierda) ubicado en la provincia de Orellana, en un relieve colinado bajo (derecha) (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015d).

**Cuadro 4.13.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Plinthic Kandihumults (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2015d).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-15	Color en húmedo: pardo (7.5YR 4/2); textura: arcillosa; estructura: granular; pH: 4.4; materia orgánica: 5.4 %; CIC: 36 $\text{cmol kg}^{-1}$ ; saturación de bases 2.1 %.
Bt1	15-65	Color en húmedo: pardo (7.5YR 4/4); textura: arcilla pesada; estructura: prismática a bloques subangulares; pH: 4.8; materia orgánica: 2.0 %; CIC: 37 $\text{cmol kg}^{-1}$ ; saturación de bases: 1.0 %.
Bt2	65-110	Color en húmedo: pardo rojizo (5YR 5/4); textura: arcilla pesada; estructura: prismática a bloques; pH: 4.7; materia orgánica: 2.1 %; CIC: 42 $\text{cmol kg}^{-1}$ ; saturación de bases: 1.0 %.
Bt3	110-140	Color en húmedo: rojo amarillento (5YR 5/6); textura: arcillosa; estructura: prismática a bloques; pH: 5.0.
Bv	140-150	Color principal en húmedo: gris claro (5YR 7/1) y color secundario en húmedo: rojo (2.5YR 4/8); textura: arcilla pesada; estructura: prismática; pH: 5.0.

### 4.2.2.3. Medio aluvial

Corresponde a valles aluviales (unidad 11 de la **Figura 4.1**) cuyo desnivel relativo en relación a los ríos es ligeramente más alto, por lo que el nivel freático suele aparecer a pocos centímetros de la superficie. Adicionalmente, las pendientes planas, predominantes de estas geoformas fluviales, hacen que sean zonas muy susceptibles a inundaciones. En las partes bajas de las depresiones periandinas, los valles se ensanchan considerablemente y todo el ambiente fluvial se vuelve bastante amplio (**Figura 4.26**). Solo en cortes muy profundos se puede observar el lecho rocoso conformado principalmente por cantos rodados producto del acarreo de los ríos. El principal material que ha dado origen a la formación de los suelos corresponde a alteritas arcillo-arenosas de colores rojos a grisáceos, con intercalaciones de bancos de grauwas (Sourdat y Winckell, 1997).

Dentro de las áreas fluviales es posible encontrar zonas pantanosas y depresiones inundadas que se distribuyen a lo largo de los cauces de los ríos actuales.



**Figura 4.26.** Panorámica de un valle fluvial con terrazas indiferenciadas característica del medio aluvial Amazónico.

Los suelos del medio aluvial tienen rasgos de hidromorfismo, en muchos de los perfiles es evidente la presencia del nivel freático, mientras que en los que éste no aparece es evidente la presencia de rasgos redoximórficos como moteados y coloraciones gley. Taxonómicamente están clasificados dentro del gran grupo de los Endoaquepts (Soil Survey Staff, 2006), por su condición de suelos saturados con agua la mayor parte del año.

El perfil representativo de estos suelos (**Figura 4.27** y **Cuadro 4.14**) presenta una distribución de los horizontes tipo Ap/Bg/Cg. El nivel freático aparece a pocos centímetros de profundidad. En algunos perfiles el nivel freático puede ubicarse unos pocos centímetros más abajo y se puede observar el horizonte Cg. El pH es medianamente ácido (5.5), la CIC es  $< 10 \text{ cmol kg}^{-1}$  y la saturación de bases  $< 35 \%$ .

Debido a las malas condiciones de drenaje, estos suelos requerirían de grandes inversiones en obras civiles para la evacuación del exceso de agua y necesitarían cantidades altas de enmiendas orgánicas y minerales para poder utilizarlos en actividades agropecuarias. Estas prácticas no serían rentables y, además, tendrían un alto impacto ambiental (Mejía, 1997). Estos paisajes deben preservarse sin intervención humana para mantener la estabilidad de uno de los ambientes más biodiversos del mundo (Brondízio, *et al.*, 2009).



**Figura 4.27.** Perfil de un suelo saturado con agua, típico de los valles aluviales amazónicos, ubicado en San Francisco de Borja, Quijos, Napo (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016f).

**Cuadro 4.14.** Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Thaptic Endoaquands (MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA, 2016f).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Oap	0-10	Color en húmedo: pardo oscuro (7.5YR 3/2); estructura: sin estructura, con materiales orgánicos en descomposición.
Bg1	10-30	Color principal en húmedo: pardo (7.5YR 4/2) y color secundario en húmedo: gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura: franca; estructura: bloques subangulares; densidad aparente: 0.58 g cm <sup>-3</sup> ; fuerte reacción al NaF; pH: 6.6; materia orgánica: 5.4 %; CIC: 4.5 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 44 %.
Bg2	30-40	Color en húmedo: gris claro (2.5Y 7/2); textura: franco arcillo limosa; estructura: bloques; media reacción al NaF; pH: 6.3; materia orgánica: 1.7 %; CIC: 1.8 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 64 %.
Ab	40-70	Color en húmedo: rojo amarillento (10YR 3/2); textura: franco arenosa; estructura: masiva, desmenuzable; media reacción al NaF; pH: 6.3; materia orgánica: 11.6 %; CIC: 5.1 cmol kg <sup>-1</sup> ; saturación de bases: 42 %.
2Oa	70-135	Color principal en húmedo: pardo gris ceo muy oscuro (10YR 3/2) y color secundario en húmedo: pardo muy oscuro (10YR 2/2); saturado con agua.

### 4.3. Referencias bibliográficas

- Añazco, M., M. Morales, W. Palacios, E. Vega y A. Cuesta. 2010. Sector forestal ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible. Serie Investigación y Sistematización No. 8. Programa regional ECOBONA. Quito. Ecuador. <http://bit.ly/35DNz3D>
- Bristow, C. y R. Hoffstetter. 1977. Léxico Estratigráfico del Ecuador. Centre National de la Recherche Scientifique. París, Francia.
- Brondízio, E., A. Cak, M. Caldas, C. Mena, R. Bilsborrow, C. Fudemma, *et al.* 2009. Small farmers and deforestation in Amazonia. In: M. Keller, M. Bustamante, J. Gash and P. Silva (eds). Amazonia and global change. Geophysical Monograph 186. AGU Books & Monographs. Washington, DC, USA. p. 117-143. <https://doi.org/10.1029/2008GM000737>

- Cañadas, L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Editores Asociados. Quito, Ecuador.
- CIAT. 1983. Oxisoles y Ultisoles en América Tropical: Distribución, importancia y propiedades físicas. CIAT. Cali, Colombia. <http://bit.ly/34wr1Af>
- Custode, E. y M. Sourdat. 1986. Paisajes y suelos de la Amazonía ecuatoriana: entre la conservación y la explotación. *Cultura-Revista del Banco Central del Ecuador* 8(24): 325-337. <http://bit.ly/2PDhvG3>
- DGGM y NERC. 1982. National geological map of the republic of Ecuador, scale 1: 1 000 000. DGGM-NERC. Quito, Ecuador.
- Espinoza, J., J. Ronchail, J.L. Guyot, G. Cochonneau, F. Naziano, W. Lavado, *et al.* 2009. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *International Journal of Climatology* 29(11): 1574-1594. <https://doi.org/10.1002/joc.1791>
- Haro, R. y C. Montúfar, C. 2014. Quito, Ecuador. 2014. Reporte del proyecto hidroeléctrico Río Santiago. Morona Santiago. CELEC. Quito, Ecuador.
- Hoorn, C., J. Guerrero, G.A. Sarmiento and M.A. Lorente. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology* 23(3): 237-240. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023<0237:ATAACF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023<0237:ATAACF>2.3.CO;2).
- INEC. 2019. Encuesta de superficie y producción agropecuaria. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas>
- IRD, PETROPRODUCCIÓN y IGM. 2001. Mapa geológico de la cuenca Oriente. provincias de Morona Santiago, Napo, Pastaza y Sucumbios. Escala 1: 750 000. IRD-Petroproducción. Quito, Ecuador.
- Letamendi, J.E., R.M. Pérez, A.D. Huertas and A.P. Bastardas. 2007. The Impact of carbonate cements on the reservoir quality in the Napo Fm sandstones (Cretaceous Oriente Basin, Ecuador). *Geologica Acta* 5(1): 89-107. <https://doi.org/10.1344/105.000000312>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2015a. Perfil CSp-ÑVI\_B2-95-0042. Memoria técnica del cantón Tiwintza. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 2. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2FxEjCF>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2015b. Perfil CSp-ÑVI\_C2-90-0100. Memoria técnica del cantón Gualaquiza. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 2. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/34zA7wj>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2015c. Perfil CSp-PIII\_B1-91-0025. Memoria técnica del cantón Cuyabeno. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2TiQnQv>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2015d. Perfil CSp-PIII\_E1-91-0008. Memoria técnica del cantón Orellana. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/36N8ukI>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2016a. Memoria técnica del cantón El Chaco. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/35rnSDc>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2016b. Panorámica del perfil CSp-ÑIV\_D2-82-0019 y perfil CSp-ÑIV\_D4-86-0023. Memoria técnica del cantón Mera. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/34BCpep>

- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2016c. Panorámica del perfil CSp-OIII\_E4-89-0035. Memoria técnica del cantón Tena. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2M5UBWY>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2016d. Perfil CSp-ÑVI\_C4-97-0014. Memoria técnica del cantón El Pangui. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 2. GAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/38H0ljE>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2016e. Perfil CSp-OII\_F3-85-0025. Memoria técnica del cantón Gonzalo Pizarro. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/34sprPX>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2016f. Perfil CSp-OIII\_C1-93-0023 y CSp-OIII\_C1-93-0021. Memoria técnica del cantón Quijos. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2YUiqX9>
- MAGAP-SIGTIERRAS y Consorcio TRACASA/NIPSA. 2016g. Perfiles CSp-OIV\_C2-90-0010, CSp-OIV\_E1-99-0018 y CSp-OIV\_C3-81-0019. Memoria técnica del cantón Pastaza. Geopedología y temáticas derivadas. Anexo 5. Proyecto: Levantamiento de cartografía temática escala 1: 25 000, lote 1. MAGAP. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2MbTbdF>
- Mejía, L. 1997. Suelos del Ecuador: Reconocimiento general en base a su capacidad-fertilidad y mapa general de clasificación por Capacidad-Fertilidad de los suelos del Ecuador: Una interpretación básica sobre las características de los suelos del Ecuador. FFJMD-INPOFOS-IGM-IPGH-SECS. Quito, Ecuador.
- Mena, C., R. Bilsborrow and M. McClain. 2006. Socioeconomic drivers of deforestation in the Northern Ecuadorian Amazon. *Environmental Management* 37(6): 802-815. <https://doi.org/10.1007/s00267-003-0230-z>
- MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013a. Memoria técnica de geopedología del cantón Sucúa. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2S1zZTv>
- MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013b. Perfil PN7-P108. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/36CATtU>
- Pacheco, R. 2009. El Ecuador: Recursos naturales agrícolas y del medio ambiente. Imprenta Colón. Quito, Ecuador.
- PRONAREG y ORSTOM. 1983a. Mapa morfo-edafológico de la provincia de Morona Santiago (zona sur) y Zamora Chinchipe, escala 1: 500 000. PRONAREG-ORSTOM. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2qMOoYM>
- PRONAREG y ORSTOM. 1983b. Mapa morfo-edafológico de la provincia del Napo, escala 1: 500 000. MAG-PRONAREG-ORSTOM. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2E6s2V3>
- Soil Survey Staff. 2006. Keys to soil taxonomy. 10th ed. USDA - NRCS. Washington DC, USA. <http://bit.ly/2kEtubf>
- Sourdat, M. y A. Winckell. 1997. Los paisajes de la Amazonía ecuatoriana. En: A. Winckell, C. Zebrowski y M. Sourdat (eds). Los paisajes naturales del Ecuador. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2qHLZOR>

- Van der Hammen, T., J. Werner and H. Van Dommelen. 1973. Palynological record of the upheaval of the Northern Andes: a study of the Pliocene and Lower Quaternary of the Colombian Eastern Cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. *Review of Palaeobotany and Palynology* 16(1-2): 1-122. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(73\)90031-6](https://doi.org/10.1016/0034-6667(73)90031-6)
- Zebrowski, C. y M. Sourdats. 1997. Los factores de la pedogénesis y los suelos en Ecuador. En: A. Winckell, R. Marocco, T. Winter, C. Huttel, P. Pourrut, C. Zebrowski y M. Sourdats (eds). *Los paisajes naturales del Ecuador. Volumen 1: Las condiciones generales del medio natural*. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. Quito, Ecuador. <http://bit.ly/2kory6p>

# SUELOS DEL ECUADOR CLASIFICACIÓN, USO Y MANEJO



#### CONTACTOS:

- Dirección: (593-2) 3 975 100 est. 2102
- Subdirección: (593-2) 3 975 100 est. 2109
- Geoinformación: (593-2) 3 975 100 est. 4448
- Mercadotecnia: (593-2) 3 975 100 est. 2509/2517
- Comunicación Social: (593-2) 3 975 100 est. 2505/2506
- Pbx: (593-2) 3 975 100

Síguenos en:



Quito: Av. Seniergues E4-676 Y Gral. T. Paz y Miño - El Dorado

Instituto Geográfico Militar

[www.geograficomilitar.gob.ec](http://www.geograficomilitar.gob.ec) / [www.geoportal.gob.ec](http://www.geoportal.gob.ec)

ISBN: 978-9942-22-557-3

