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: jespinosa@fragaria.com.ec
Julio Moreno, Instituto Geográfico Militar: vjmi76.jm@gmail.com
Gustavo Bernal, Consultor: 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.geoportaligm.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 2

—SUELOS— DE LA COSTA

Julio Moreno, Instituto Geográfico Militar: vjmi76.jm@gmail.com
Gustavo Sevillano, Universidad Central del Ecuador: gfsevillano@uce.edu.ec
Omar Valverde, Universidad Politécnica de Madrid: omar.valverde@uom.es
Verónica Loayza, Ministerio de Agricultura y Ganadería: nloayzat@mag.gob.ec
Renato Haro, Consultor: renoharo@hotmail.com
Johanna Zambrano, Consultora: mjzambranob@gmail.com
David Reyes, University of Salzburg: mauriciodavidreyespozo@gmail.com

RESUMEN

La zona costera es una región con alto potencial agrícola. El 43 % de la tierra esta región es apto para uso agrícola debido a que presentan condiciones favorables para una amplia gama de cultivos tropicales como cacao, café, banano, palma africana, caña de azúcar, arroz, maíz, soya, yuca y numerosas frutas tropicales. Lo anterior se debe a la existencia, entre Quinindé y la frontera con Perú, de una llanura sumamente fértil que permite el desarrollo de agricultura altamente rentable y dentro de la cual se encuentran los únicos suelos de Ecuador sin limitaciones para la producción agrícola. Estos suelos están ubicados en la llanura con cobertura de proyecciones volcánicas, Andisoles en la zona húmeda y Mollisoles en la zona más seca, ocupando 1.3 millones de hectáreas. Existen varios paisajes en la Costa ecuatoriana que se caracterizan por tener condiciones similares de clima y material parental sobre los cuales se han desarrollado diferentes tipos de suelos, contribuyendo a la gran diversidad de suelos del país. El principal factor de formación del suelo en la Costa, además de los factores geológicos y topográficos, fue el clima, especialmente la precipitación. En general, los suelos de la Costa se pueden dividir en tres grandes grupos: a) suelos formados sobre rocas viejas (sedimentarias, metamórficas o ígneas) que comprenden la mayoría de los suelos de la parte occidental de la costa, particularmente aquellos desarrollados sobre rocas sedimentarias; b) suelos de la llanura costera antigua que recibieron deposiciones de ceniza volcánica, material sobre el cual se desarrollaron suelos de alto interés agronómico; y c) suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios recientes agrupados en suelos del ambiente fluvio-marino localizados en las costas, fajas del litoral y manglares y los suelos que rodean los ríos que corresponden a casi todos los suelos aluviales de la región.

ABSTRACT

The coastal plain is a region with high agricultural potential, since 43 % of the land is suitable for production of a wide range of tropical crops such as cocoa, coffee, banana, oil palm, sugarcane, rice, corn, soybean, cassava, and numerous tropical fruits. The existence of a very fertile plain between Quinindé and the border with Peru allows the development of a highly profitable agriculture. Within this great plain are located the only Ecuadorian soils without limitations for agriculture; soils located on the old plain with volcanic protrusions, Andisols in the humid zone and Mollisols in the drier zone, occupying 1.3 million ha. There are several landscape units at the Ecuadorian coastal plain characterized for having similar climate and parent material conditions over which different soil types have developed contributing to the great diversity of the country soils. The main factor of soil formation on the Ecuadorian coastal plain, in addition to geological and topographical factors, was climate, especially precipitation. In general, there exist three broad set of conditions grouping the diversity of soils from this region: (a) Soils developed from old rocks (sedimentary, metamorphic, or igneous) comprising the majority of soils in the western part of the coastal plain, particularly those developed from sedimentary rocks; (b) Soils from the old coastal plain which received volcanic ash depositions, material over which soils of high agronomic interest were developed; and (c) Alluvial soils developed over recent sedimentary materials grouped into soils from the fluvial-marine environment located on the beaches, littoral stripes and mangroves, and soils from the river surroundings corresponding to almost all of the alluvial soils of the region.

2.1. Introducción

La zona costera, con excepción de la parte septentrional húmeda, es una región con alto potencial agrícola. Sin bien las fuertes pendientes de la cordillera costera constituyen limitaciones ciertas para los cultivos, la existencia de una llanura sumamente fértil entre Quinindé y la frontera con Perú permite el desarrollo de agricultura altamente rentable. Dentro de esta región se encuentran los únicos suelos de Ecuador sin limitaciones para la agricultura, suelos ubicados en la llanura con cobertura de proyecciones volcánicas (llanura antigua), Andisoles en la zona más húmeda y Mollisoles en la zona menos húmeda, ocupando 1.3 millones de ha (20 % de área de la Costa) (Huttel, *et al*., 1999).

Por otro lado, la cartografía de aptitudes agrícolas, a escala 1: 200 000, generada por el PRONAREG-ORSTOM en 1982, demuestra que el 43 % de la tierra de la región Costa (2.8 millones de ha) es apta para uso agrícola. Estas son tierras ubicadas en zonas planas a ligeramente onduladas de condiciones favorables para una amplia gama de cultivos tropicales como cacao, café, banano, palma aceitera, caña de azúcar, arroz, maíz, soya, yuca y numerosas frutas tropicales. El 22 % (aproximadamente 1.4 millones de ha) tiene relieves ondulados y disectados, lo que hace que sean tierras marginales para uso agrícola, pero que pueden utilizarse para ganadería con pastos naturales y cultivados. Finalmente, el 35 % de la Costa (2.4 millones de ha) corresponde a áreas que tienen pendientes muy pronunciadas y otras limitaciones morfopedológicas, por lo que solamente se recomienda el uso forestal con fines de producción y/o protección (Pacheco, 2009).

En la región de la Costa existe una variedad de paisajes caracterizados por condiciones similares de clima y material parental en los cuales se han desarrollado diferentes tipos de suelos que contribuyen a la gran diversidad de los suelos de Ecuador (**Figura 2.1**). El principal factor deformación de los suelos en la Costa ecuatoriana, además de los factores geológico y topográfico, es el clima, sobre todo la precipitación, ya que la temperatura tiende a ser isohipertérmica en toda la Costa. En general, existen tres grandes conjuntos que agrupan a los diversos suelos de la región.

2.1.1. Suelos desarrollados sobre rocas antiguas

Los suelos desarrollados sobre rocas antiguas (metamórficas, sedimentarias o eruptivas) constituyen la mayor parte de los suelos de la parte occidental de la Costa, sobre todo aquellos desarrollados de rocas sedimentarias. La variedad de suelos formados sobre rocas antiguas se explica por las diferentes condiciones pedogenéticas como la diversidad de clima, roca madre y relieve. De estas condiciones, la precipitación fue quizá el factor más importante en el desarrollo de estos suelos, por ejemplo, el pH, la CIC y la suma de bases disminuyen a medida que aumentan las precipitaciones en suelos desarrollados sobre rocas sedimentarias muy parecidas y en posiciones topográficas similares (Moreno, 2012). Dentro de los suelos desarrollados sobre rocas antiguas se pueden identificar los siguientes grupos (Huttel, *et al*., 1999): a) suelos poco evolucionados, de escaso espesor localizados en zonas de fuerte pendiente, por ejemplo, en las cordilleras costeras donde la erosión impide la formación de suelos más profundos; b) suelos vérticos de pH > 7 característicos de las zonas secas y áridas de la región costera (por ejemplo la península de Santa Elena), desarrollados principalmente sobre rocas sedimentarias antiguas como arcillas y areniscas; c) suelos pardos (Mollisoles) y vérticos (Vertisoles) de pH < 7 localizados en la parte húmeda de la cordillera costera de Chongón Colonche (suroeste de la Costa), los pardos están localizados en las pendientes fuertes y los vérticos en los relieves menos pronunciados; y d) suelos ferralíticos rojos altamente desaturados con un pH muy ácido y toxicidad de aluminio presentes en las regiones más húmedas de las colinas del norte de la provincia de Esmeraldas.

2.1.2. Suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas

Partes de la llanura costera antigua recibieron deposiciones de ceniza volcánica, material sobre el cual se desarrollaron suelos de alto interés agronómico. La variedad de climas bajo los que se meteorizaron las

cenizas es, en gran parte, responsable de la diversidad de las características de estos suelos. En el sector de Quinindé, los suelos desarrollados sobre cenizas recientes tienen un espesor de alrededor de un metro, pero se encuentran sobre otra capa de suelos de 10 m de espesor desarrollada sobre cenizas antiguas. El espesor de los suelos de ceniza reciente se reduce a medida que los sitios se alejan de la cordillera y se desplazan hacia el sur, alcanzando solamente 30 cm al norte de Balzar. Las partículas finas de ceniza fueron empujadas por el viento a distancias considerables de los centros de emisión, por lo que la meteorización fue rápida, resultando en perfiles de suelos homogéneos, limosos y de color pardo. Las precipitaciones, y sobre todo la duración de la estación seca, desempeñaron un papel primordial en el desarrollo de algunas de las características de estos suelos, por ejemplo, en las zonas más húmedas (menos de 4 meses secos al año) la pedogénesis promovió la formación de arcillas amorfas (alofana e imogolita), mientras que en las regiones con estación seca bien marcada (más de 4 meses secos al año) predominó la síntesis de minerales arcillosos cristalinos (arcillas 2:1) (Zebrowski y Sourdat, 1997; Huttel, *et al*., 1999).

2.1.3. Suelos aluviales formados sobre materiales sedimentarios recientes

Los suelos formados sobre materiales sedimentarios recientes se agrupan en: a) suelos del medio fluvio-marino, que están localizados en las playas, cordones litorales y manglares y; b) suelos del medio fluvial que corresponden a casi la totalidad de los suelos aluviales de la región costanera. En los suelos del medio fluvial la textura y el grado de saturación de bases permiten distinguir varios conjuntos, generalmente de buena fertilidad y fácilmente cultivables, pero que pueden presentar las siguientes características desfavorables: a) textura arenosa o existencia de piedras en la parte alta (aguas arriba) de las zonas de esparcimiento; b) exceso de agua y la consecuente presencia de suelos hidromórficos en las zonas hiperhúmedas de Esmeraldas, lo que hace difícil e incluso imposible la actividad agrícola, en particular en sitios donde la capa freática asciende hasta la superficie y; c) textura arcillosa, característica de los suelos de la llanura reciente, que limita el drenaje y favorece las inundaciones en la estación lluviosa, pero que son suelos ideales para el cultivo de arroz (Zebrowski y Sourdat, 1997; Huttel, *et al*., 1999; Moreno, 2001).

2.2. Paisajes de la Costa

La variedad de paisajes característicos de la Costa de Ecuador se muestra en la **Figura 2.1** y una discusión detallada de estos paisajes se presenta a continuación.

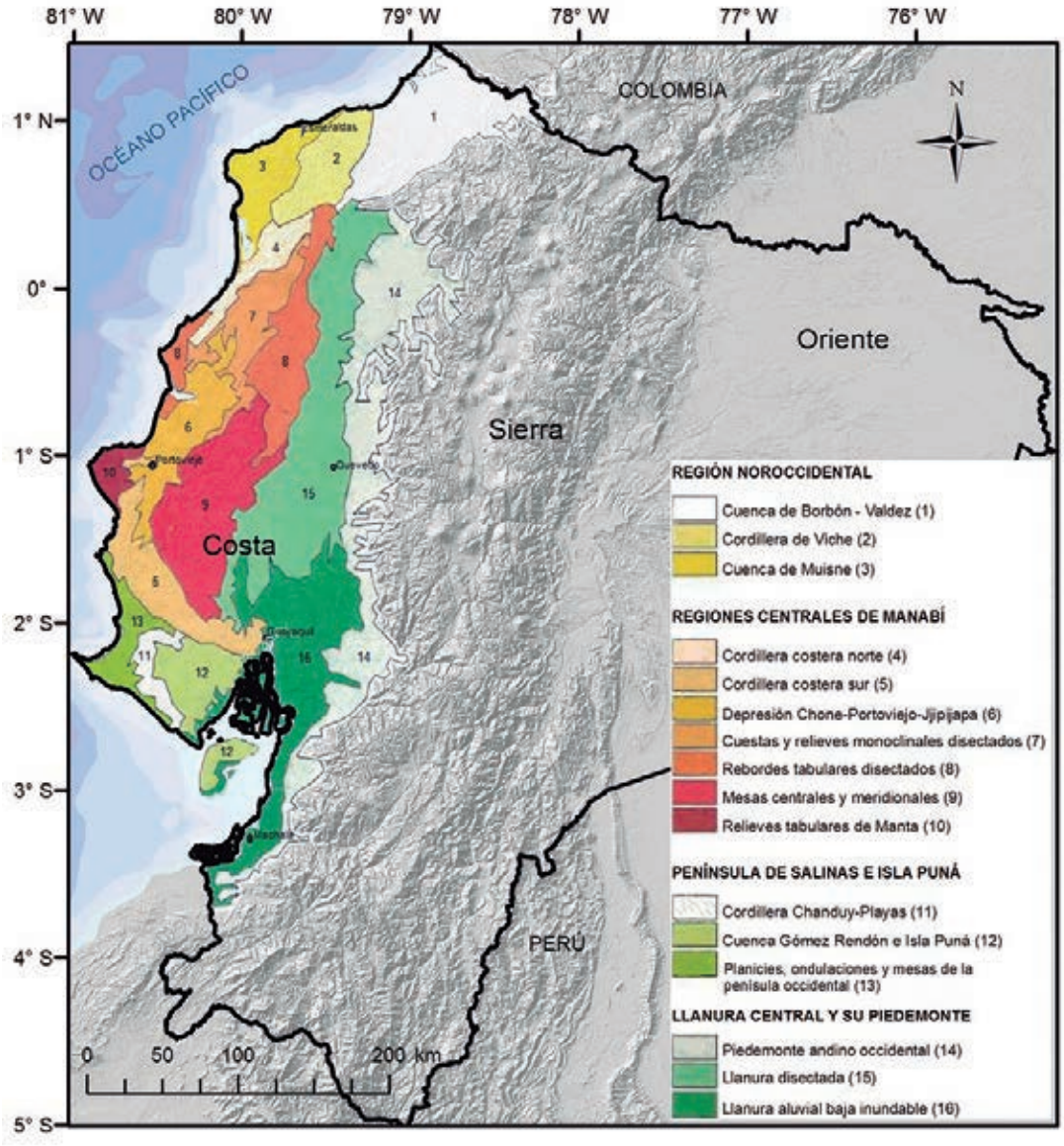

Figura 2.1. Ubicación de los diferentes paisajes costeros con respecto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell y Zebrowski (1997).

2.2.1. Gran cono tabular cubierto totalmente de cenizas volcánicas

Esta zona está ubicada al este de la cuenca Borbón Valdez en la provincia de Esmeraldas (**Figura 2.1**). El contacto entre los relieves andinos y los costaneros se produce, generalmente, por medio de una gran vertiente abrupta, pero, en este caso, la vertiente se ha atenuado en la zona noroccidental por la existencia de un relieve tabular, ligeramente inclinado hacia el noroeste, que culmina en los 750 m s. n. m. en Alto Tambo, San Lorenzo (**Figura 2.2**). Este relieve se formó de antiguos conos de esparcimiento coalescentes establecidos en la desembocadura de los ríos Mira, Lita y Gualpi, cauces que tienen régimen torrencial y que drenan la cuenca interandina. El área está compuesta por depósitos dedríticos y torrenciales gruesos (aproximadamente 600 m de espesor), que fueron cubiertos por proyecciones de erupciones volcánicas recientes, posiblemente provenientes de volcanes ubicados en Colombia. Estos materiales sometidos a un clima cálido e hiperhúmedo (4 000 a 6 000 mm lluvia/año y temperaturas > a 25 °C) dieron lugar a suelos de origen volcánico perhidratados (con capacidad de retención de agua superior al 100 %), relativamente arenosos en la parte alta del cono y más limosos en la parte baja (Winckell y Zebrowski, 1997).

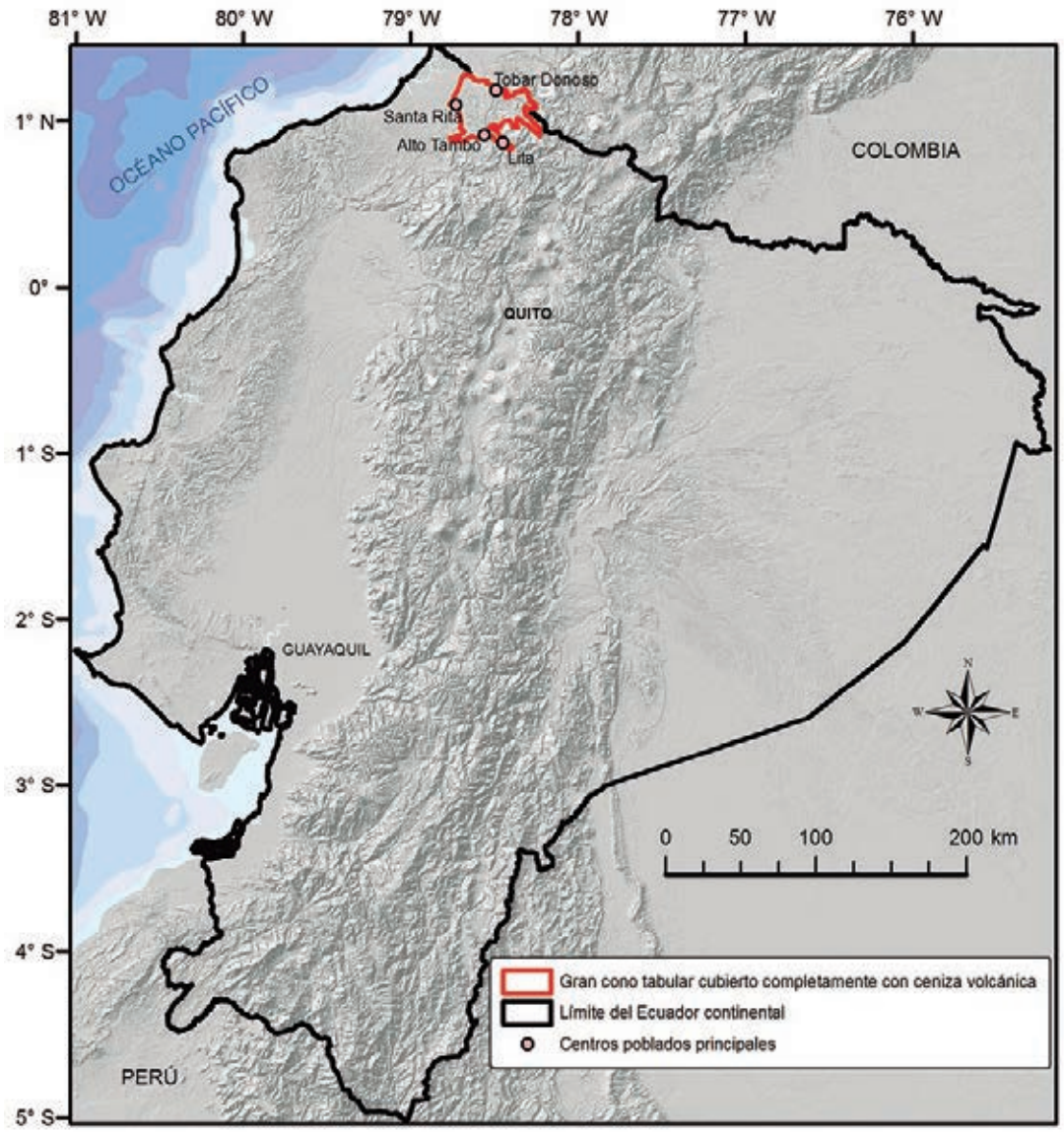

Figura 2.2. Ubicación del gran cono tabular cubierto totalmente con cenizas volcánicas con respecto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell and Zebrowski (1997).

2.2.1.1. Superficies cercanas a las vertientes andinas

Este paisaje integra las superficies cimeras (b) y los abruptos circundantes (c) mostrados en la **Figura 2.3.** El nivel cimero tiene el aspecto de una superficie muy regular, moderadamente disectada en pequeñas cimas redondeadas biconvexas, que culmina en el poblado de Alto Tambo, en la salida de la garganta del río Lita. Esta plataforma alcanza alturas superiores a los 800 m s. n. m. en la desembocadura del río Mira en el río Lita. Estos conos se unen luego hacia el este permitiendo que la superficie de las cimas se ensanche rápidamente. Los Andisoles perhidratados de esta zona tienen un espesor que disminuye regularmente del sureste hacia el noreste. Sobre los abruptos, los suelos son erosionados y coluvionados, por lo que los suelos de origen volcánico colindan con suelos arcillosos, poco profundos y muchas veces pedregosos (Winckell y Zebrowski, 1997).

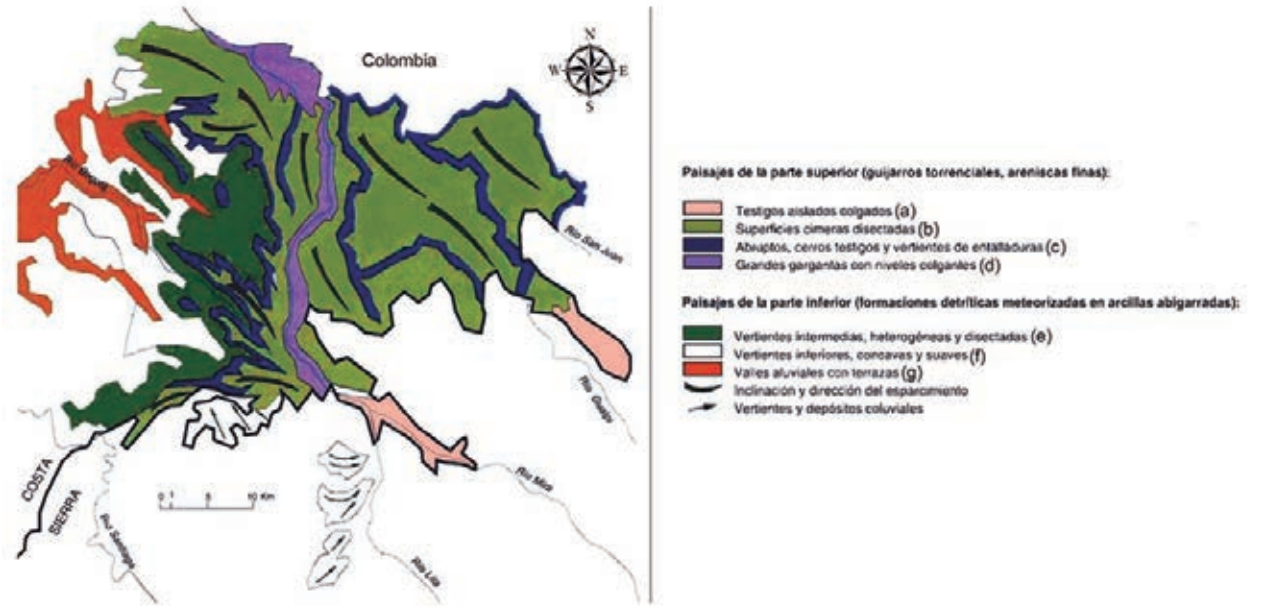

Figura 2.3. Gran cono tabular de esparcimiento disectado (Winckell y Zebrowski, 1997).

En esta zona también existen pequeñas superficies que son testigos de depósitos escalonados que van más arriba de los conos, por lo general encaramados sobre las faldas de las quebradas de los causes actuales de los ríos [(a) en **Figura 2.3**]. Su posición, hacia el interior de la vertiente andina, favoreció la acumulación de una cobertura importante de cenizas volcánicas sobre las cuales se desarrollaron Andisoles perhidratados que alcanzan profundidades de 2 a 3 m (Winckell y Zebrowski, 1997).

Los suelos representativos de esta unidad son Hydrudands (Soil Survey Staff, 2006), con apreciable contenido de arcillas amorfas, baja densidad aparente (< 0.9 g cm^{-3}), alta fijación de fósforo (P) y de textura franco limosa (untuosos al tacto). Presentan una muy fuerte reacción al fluoruro de sodio (NaF) en todo el perfil, debido al alto contenido de arcillas amorfas. La cantidad de agua in situ, cercanas a las que se obtienen a pF3 en suelo húmedo, siempre son muy elevadas, generalmente superiores al 200 %, alcanzando a veces 300 %. El pH del horizonte superficial es bajo (4.6), pero aumenta a profundidad siendo ligeramente inferior a 6 en todo el resto del perfil. La cantidad de bases intercambiables es muy baja (≤ 0.3 cmol kg^{-1}), así como la saturación de bases (≤ 1 %) (Zebrowski y Sourdat, 1997).

2.2.1.2. Superficies onduladas

Al pie del abrupto cimero se extiende un conjunto complejo de colinas y vertientes moderadas [(e) y (f) en la **Figura 2.3**)], esencialmente presentes en la parte occidental del cono (la más erosionada), desarrollado sobre depósitos relativamente homogéneos de areniscas y conglomerados altamente meteorizados que han formado arcillas abigarradas y guijarros. Estas colinas y vertientes presentan, por un lado, facies menos torrenciales y, por otro lado, facies con un estado de alteración mucho más avanzado que solo pueden explicarse por la edad más antigua de los depósitos inferiores en relación con los depósitos superiores y por las condiciones climáticas más húmedas. La parte superior de estas vertientes, ubicada al pie de la cornisa somital, presenta pendientes entre moderadas y fuertes (rectilíneas y convexas) que están disectadas por numerosos torrentes paralelos. Las partes inferiores de las vertientes, o aquellas situadas adelante de éstas, contienen modelados suaves, con pendientes cóncavas y ligeramente prolongadas por los relieves subyacentes (Winckell y Zebrowski, 1997). La cobertura de cenizas de poco espesor ha sido parcialmente retirada por la erosión. En consecuencia, los Andisoles perhidratados limosos colindan con los suelos ferralíticos y seudoferralíticos amarillos muy desaturados (Zebrowski y Sourdat, 1997). Estos suelos ferralíticos (**Figura 2.4**), franco arcillosos y con bajo contenido de materia orgánica, están

compuestos por caolinita, huellas de gibsita, óxidos de hierro y de cuarzo en estado fino, baja CIC (< 10 cmol kg^{-1}), pH fuertemente ácido (4.1 a 4.6), altamente desaturados y excesivamente ricos en aluminio intercambiable (Zebrowski y Sourdat, 1997).

Figura 2.4. Perfil de un suelo ferralítico (izquierda), ubicado en la zona de San Lorenzo, Esmeraldas, donde se cultiva palma aceitera (derecha) (MIDENA, *et al*., 2015).

2.2.2. Relieves estructurales sobre sedimentos terciarios

Estos relieves se ubican dentro de las regiones costaneras de Manabí y Esmeraldas (**Figura 2.5**), pero aproximadamente la mitad de esta zona está ubicada en el centro y el sur de la provincia de Manabí donde forman parte de los paisajes característicos de la región. La altitud con respecto a las superficies cimeras tabulares varía entre 450-500 m en el centro y entre 250-300 m hacia el exterior. La totalidad de estos paisajes pertenece a un solo tipo de relieve desarrollado sobre una misma asociación de formaciones geológicas caracterizadas por una capa cimera dura sobre una capa inferior blanda, es decir, un basamento de arcillas y de limolitas (Formación Onzole) coronado por un conjunto de sedimentos detríticos de areniscas, arenas y conglomerados (Formación Borbón) (Winckell y Zebrowski, 1997; Alto y Miller, 1999; Ramírez, 2013). Con respecto al clima, estos relieves estructurales, principalmente en la zona central y meridional de Manabí, se caracterizan por recibir precipitaciones medias anuales superiores a los 1 000 mm, llegando hasta 1 500 mm sobre las superficies de las mesas. Las temperaturas medias anuales son superiores a 25 °C (Winckell y Zebrowski, 1997).

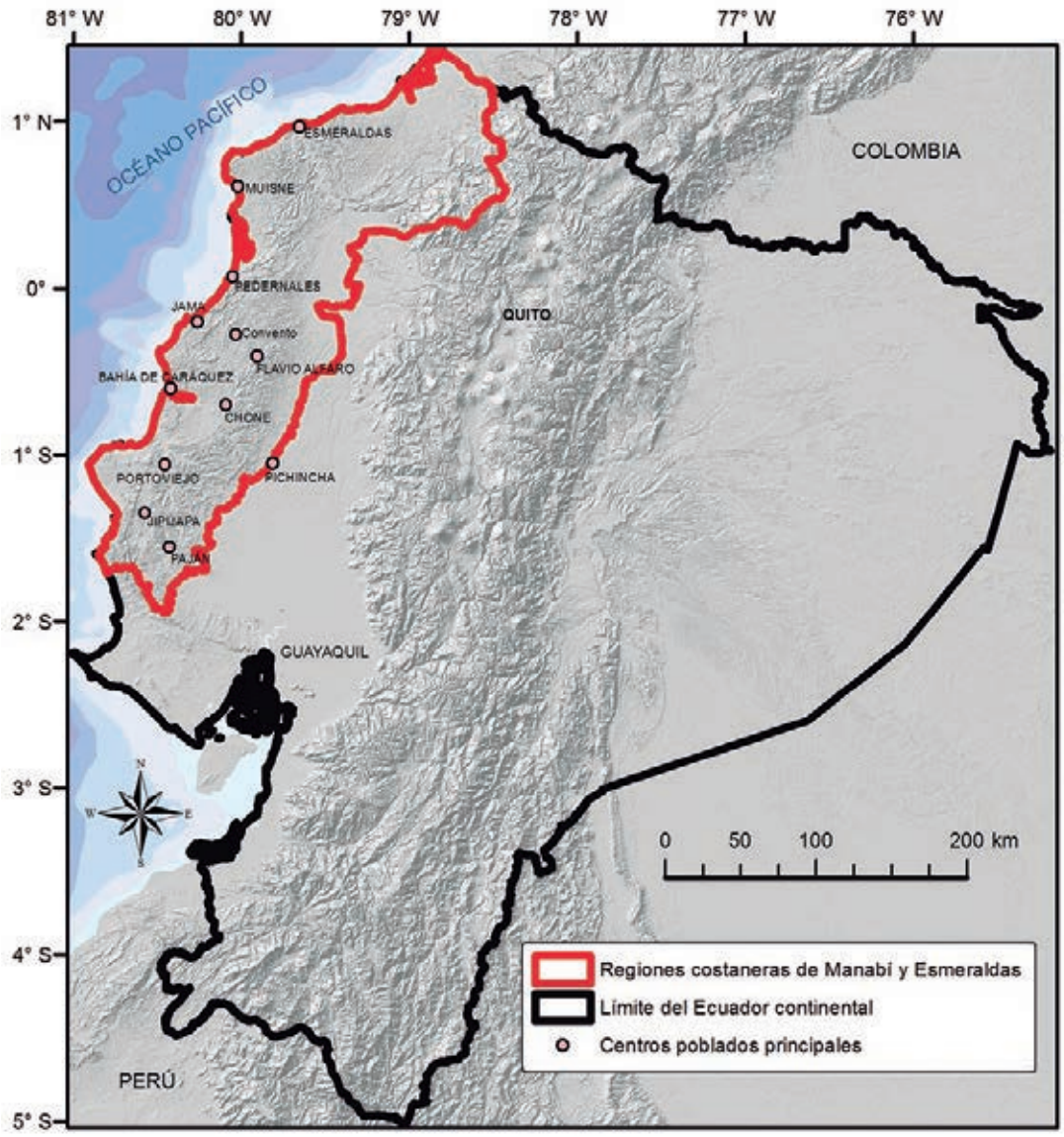

Figura 2.5. Ubicación de las regiones costaneras de Manabí (centro y sur) y Esmeraldas (norte) con respecto al Ecuador continental donde están localizados los relieves estructurales sobre sedimentos terciarios.

La distribución de los pisos altitudinales de los relieves estructurales que se presenta en la **Figura 2.6** describe sus componentes como: a) superficies cimeras de mesa en la parte superior con pendientes suaves y suelos desarrollados; b) vertientes circundantes (abruptos) con pendientes fuertes expuestas a procesos erosivos intensos, con suelos muy poco desarrollados; c) vertientes bajas con pendientes moderadas; y d) valles planos de origen aluvial con suelos más desarrollados en las áreas más altas y estables (terrazas medias y altas) y suelos muy poco desarrollados en áreas cercanas al cauce de los ríos (terrazas bajas) que están expuestas a inundaciones que originan nuevas deposiciones de origen fluvial que los rejuvenecen constantemente.

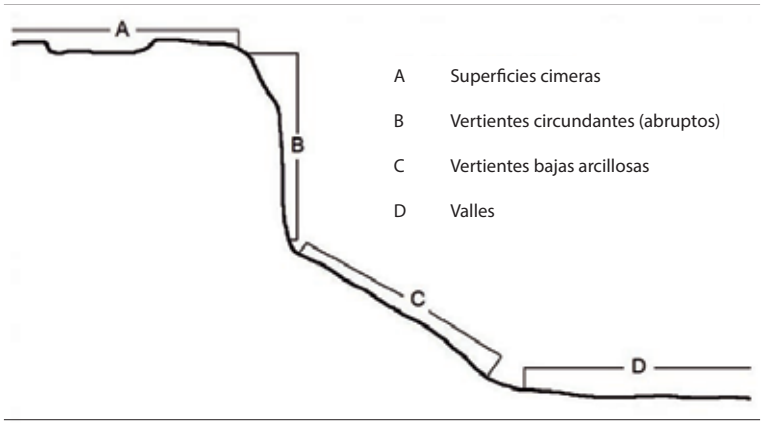

Figura 2.6. Distribución de los diferentes paisajes en los relieves estructurales desarrollados sobre sedimentos terciarios.

2.2.2.1. Mesas de arenisca

Las mesas de arenisca representan casi la totalidad de las superficies cimeras. Los suelos presentan caracteres móllicos, el epipedón es profundo, tiene > 50 % de saturación de bases y textura arcillosa a arcillo-limosa (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997). Como ejemplo se presenta el perfil de un suelo ubicado en la superficie cimera de mesa clasificado como Mollic Hapludalfs (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.7** y **Cuadro 2.1**) que tiene un epipedón de 13 cm, con textura franco arenosa en superficie y arcillosa a profundidad. Este suelo presenta un horizonte A de color negro y un horizonte Bt más claro a profundidad de consistencia muy dura que limita el paso de las raíces (CLIRSEN, *et al*., 2010c).

Figura 2.7. Perfil del suelo clasificado como Mollic Hapludalfs ubicado en El Cedro, Olmedo, Manabí, sobre la superficie disectada de una mesa de la formación Borbón (areniscas) en una pendiente < 25 % (CLIRSEN, *et al*., 2010c).

Además de la superficie disectada de la mesa, en esta unidad también se presentan los abruptos areniscosos del contorno, los cuales están asentados sobre los afloramientos detríticos cimentados de la formación Borbón que rodean al conjunto y que lo delimitan de las regiones circundantes. Los desniveles entre la superficie superior y los relieves bajos circundantes son, por lo general, de alrededor de 300 m y las pendientes casi siempre son superiores al 70 %, formando verdaderos acantilados rocosos. Los suelos en estos sitios, por las fuertes pendientes, están sometidos a severos procesos erosivos que vencen a los procesos de pedogénesis, por lo tanto, son suelos que se caracterizan por tener un perfil poco profundo, muchas veces inferior a 10 cm, debido al afloramiento frecuente de rocas del substrato (Zebrowski y Sourdat, 1997).

Cuadro 2.1. Descripción de las características del perfil del suelo clasificado como Mollic Hapludalfs (CLIRSEN, *et al*., 2010c).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-13	Color en húmedo: negro (10YR 2/1); textura: franco arenosa; estructura: granular; pH: 6.4; materia orgánica: 4.6 %; CIC: 27 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 99 %.
Bt	13-43	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares, con pocos fragmentos gruesos tipo grava media; pH: 6.3 y materia orgánica: 4.6 %; CIC: 31 cmol kg^{-1}: saturación de bases: 98 %.
BC	43-76	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura: franco arcillo arenosa; estructura: bloques subangulares, con pocos fragmentos gruesos del tipo grava media; pH: 6.3; materia orgánica: 0.7 %; CIC: 31 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
C	76-128	Color en húmedo: pardo (7.5YR 4/2); textura: arcillosa; estructura: masiva.

Un perfil característico de un suelo de esta zona se presenta en la **Figura 2.8** y en la **Cuadro 2.2.** Este suelo está clasificado como Lithic Udorthents (Soil Survey Staff, 2006) y su perfil muestra muy poca o ninguna evidencia de formación de horizontes pedogenéticos (MIDENA, *et al*., 2014).

Figura 2.8. Perfil del suelo clasificado como Lithic Udorthents ubicado en Chone, Manabí, sobre una cornisa de mesa (derecha) (MIDENA, *et al*., 2014).

Cuadro 2.2. Características del perfil del suelo clasificado como Lithic Udorthents (MIDENA, *et al*., 2014).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-5	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franco arenosa; estructura: granular a bloques subangulares, con muchos fragmentos de grava fina; pH: 7.1; materia orgánica: 3.2 %; CIC: 24 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 67 %;
AC	5-25	Color en húmedo: pardo pálido (10YR 6/3); textura franco arcillosa; estructura: masiva, con abundancia de fragmentos gruesos tipo grava media; pH: 6.1; materia orgánica: 1.2 %; CIC: 15 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 83 %.
R	25-50	Color en húmedo: gris claro (5Y 7/2); roca.

2.2.2.2. Relieves arcillosos

Bajo el abrupto se extienden las vertientes arcillosas con pendientes moderadas (< 40 %) que bajan hasta los valles aluviales, en su mayoría localizados en posiciones inferiores a los 100 m s. n. m., llegando incluso hasta los 30-50 m s. n. m. Estas vertientes tienen relieves derivados de la Formación Onzole compuestos por una sedimentación relativamente homogénea de limolitas y areniscas finas poco cimentadas que contienen inserciones menores de arcillas y lutitas. Estas facies, sin coherencia primaria, son fácilmente alterables, aún bajo clima seco, siendo rocas blandas ubicadas bajo las capas duras de arenisca (Formación Borbón) de los relieves tabulares superiores que en pocas ocasiones sobrepasan los 200 m s. n. m. de altitud (Winckell y Zebrowski, 1997; Alto y Miller, 1999; Ministerio de Transporte y Obras Públicas and INECA, 2012).

Esta unidad, por estar ubicada por debajo de la influencia de las precipitaciones orográficas, soporta un clima caracterizado por tener una larga estación seca. Las alteraciones moderadas dieron lugar a la formación de suelos muy arcillosos, vérticos y saturados (Zebrowski y Sourdat, 1997). Como ejemplo de esta unidad se presenta el perfil de un suelo clasificado como Vertic Haplustepts (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.9** y **Cuadro 2.3**) que muestra un desarrollo pedogenético incipiente y características vérticas. El régimen de humedad es ústico, es decir, el perfil se encuentra seco por 90 días acumulativos o más en años normales (Soil Survey Staff, 2006).

Figura 2.9. Perfil del suelo clasificado como Vertic Haplustepts (izquierda) ubicado Pechiche, 24 de Mayo, Manabí, sobre una vertiente de mesa de la Formación Onzole (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2010h).

Cuadro 2.3. Características del perfil del suelo clasificado como Vertic Haplustepts (CLIRSEN, *et al*., 2010h).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-8	Color en húmedo: rojo opaco (10R 3/2); textura: franco arcillosa; estructura: granular a bloques subangulares; pH: 7.4; materia orgánica: 2.4 %; CIC: 31 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 96 %.
A	8-24	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franco arcillo limosa; estructura: bloques subangulares.
Bw	24-40	Color en húmedo: pardo oliva (2.5Y 4/3); textura: franco arcillo limosa; estructura: bloques subangulares, con abundancia de fragmentos de tipo grava fina; pH: 6.4; materia orgánica: 1.0 %; CIC: 30 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 95 %.
C	40-55	Color en húmedo: amarillo oliva (5Y 6/6); textura: franco arcillo limosa; estructura: masiva, con muchos fragmentos gruesos tipo grava fina; pH: 6.4 y materia orgánica: 0.6 %.
CR	55-110	Color en húmedo: amarillo oliva (2.5Y 6/6); textura: arcillosa; estructura: masiva, con abundantes fragmentos del tipo grava gruesa.

2.2.2.3. Medio aluvial

En la depresión Chone-Portoviejo se encuentran dos de los más grandes valles de la Costa ubicados en el río Chone al norte y en el río Portoviejo al sur, ambos compuestos por terrazas planas altas y bajas. Las terrazas altas se ubican entre 6 y 10 m por encima del curso actual del río y sus suelos son básicos, vérticos, limo-arcillosos a arcillosos. Las terrazas bajas, sujetas a inundaciones anuales, se ubican de 1 a 5 m sobre el nivel de las aguas y presentan suelos limo-arenosos a limosos poco evolucionados (Winckell y Zebrowski, 1997).

Esta diferenciación se debe a que los suelos que se encuentran en las terrazas bajas, ubicadas cerca de los cauces actuales, se rejuvenecen constantemente por nuevos aportes de material sedimentario transportados por las crecientes anuales de los ríos durante los periodos de lluvias. Las terrazas medias y altas, planas al igual que las anteriores (< 5 % de pendiente), no están expuestas a nuevos aportes de material aluvial por estar ubicadas en niveles escalonados más altos con respecto al cauce de los ríos y, por esta razón, tuvieron la estabilidad necesaria para desarrollar suelos muy fértiles, de condiciones físicas y químicas adecuadas, donde se asienta la agricultura de la región. Además, por su cercanía a los ríos, estos suelos tienen mayor humedad en los periodos secos o es factible la utilización de riego.

Como ejemplo de este tipo de suelos aluviales se presenta el perfil de un suelo clasificado como Fluventic Eutrudepts (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.10** y **Cuadro 2.4**), caracterizado por tener texturas francas y buen drenaje natural. La profundidad efectiva es de 52 cm y la secuencia de horizontes es del tipo Ap/Bw/C1/C2/2Ab. El régimen de humedad údico indica que todo el perfil no está seco más de tres meses acumulativos en la mayoría de los años (Soil Survey Staff, 2006).

Figura 2.10. Perfil del suelo clasificado como Fluventic Eutrudepts (izquierda) ubicado en Boquerón, Olmedo, Manabí, sobre una terraza media sobre la cual se ha sembrado guanábana (*Annona muricata*) (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2010d).

Cuadro 2.4. Características del perfil del suelo clasificado como Fluventic Eutrudepts (CLIRSEN, *et al*., 2010d).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-12	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franca; estructura: granular; pH: 6.1; materia orgánica: 3.8 %; CIC: 25 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 93 %.
Bw	12-52	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura: franca; estructura: bloques subangulares; pH: 6.1; materia orgánica: 1.3 %; CIC: 26 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 97 %.
C1	52-89	Color en húmedo: pardo oliva (2.5Y 4/4); textura: franco arenosa; estructura: masiva; pH: 6.1; materia orgánica: 0.8 %.
C2	89-120	Color en húmedo: pardo oliva claro (2.5Y 6/3); textura: franca; estructura: masiva, con muchos fragmentos gruesos tipo grava fina; pH: 6.3; materia orgánica: 0.9 %.
2Ab	120-140	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.3; materia orgánica: 0.9 %.

2.2.3. Gran cono tabular de Santo Domingo

El gran cono tabular de Santo Domingo (**Figura 2.11**) está formado por los depósitos provenientes del aporte de los principales ríos del norte de la Sierra. Las evidencias encontradas, como la amplitud de la sedimentación y del encajonamiento posterior (400 m en Mindo) demuestran que se trata de depósitos antiguos, provenientes de ríos de mayor capacidad y competencia de la que tiene la red fluvial actual y que están relacionados con uno o varios periodos de deshielo glaciar y con el aumento consecutivo del escurrimiento hídrico fluvial ocurrido por el deshielo del casquete glaciar andino. Asimismo, es evidente la relación con la enorme cantidad de material depositado (ceniza volcánica) por la fuerte actividad volcánica andina (Winckell, *et al*., 1997).

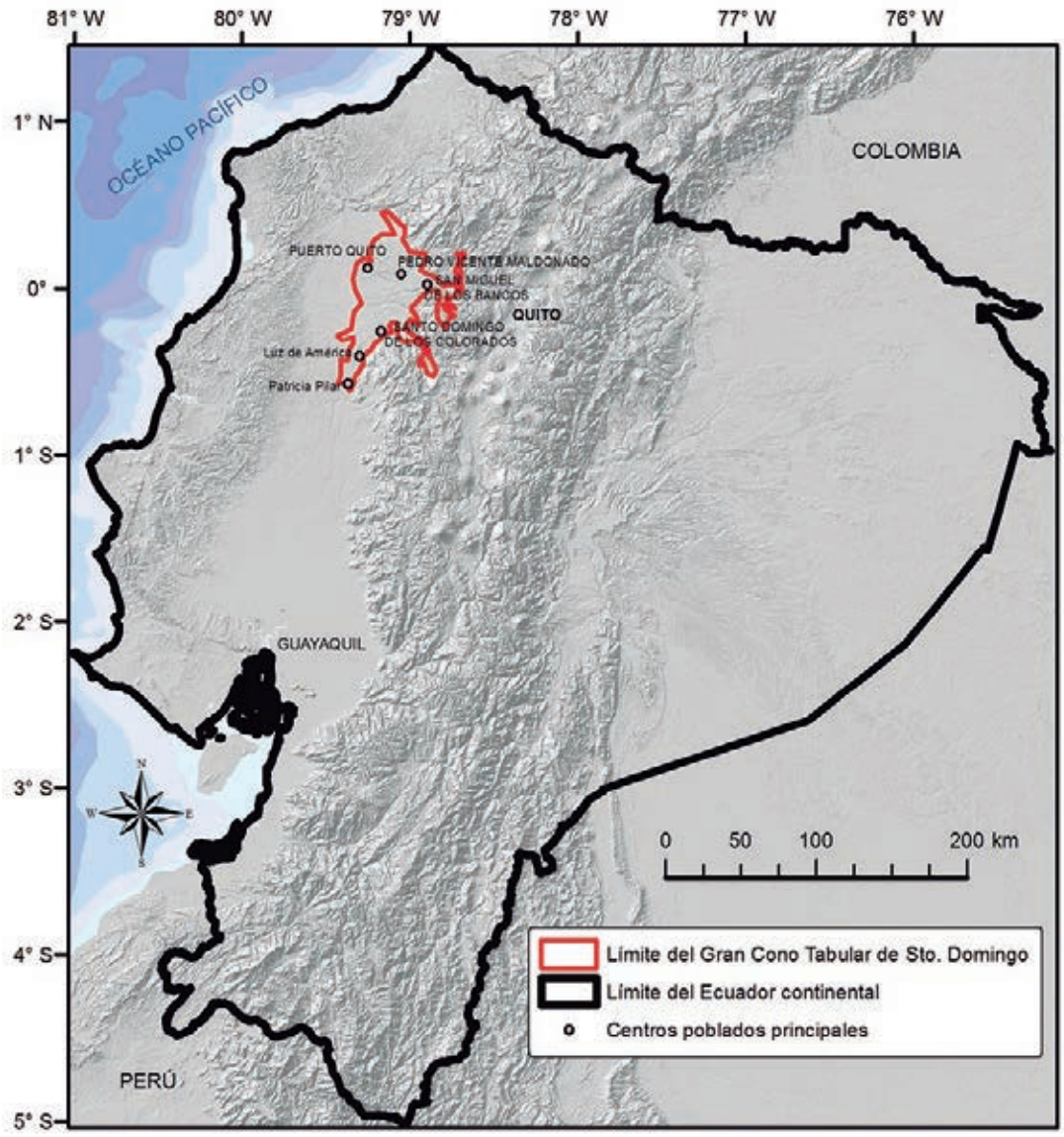

Figura 2.11. Ubicación del Gran Cono Tabular de Santo Domingo con respecto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell, *et al.* (1997).

Este gran cono, ubicado en una zona tropical húmeda, recibe en promedio > 2 500 mm anuales de precipitación y tiene una temperatura media anual > 22 °C, generando un régimen de humedad údico y hasta perúdico y un régimen isohipertérmico de temperatura del suelo. Todos los suelos son derivados de cenizas volcánicas, consecuencia de la cercanía a los centros de emisión. La ceniza cubrió todo el relieve sin importar la pendiente. Bajo estas condiciones climáticas, la alteración de las cenizas volcánicas promovió la formación de arcillas amorfas (alofana e imogolita) de baja saturación de bases (Winckell, *et al.*, 1997).

2.2.3.1. Superficies cercanas a las vertientes occidentales de la cordillera

Esta zona está ubicada en la parte alta del cono, junto a la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, sitio donde se encuentran los depósitos aluviales en posición encaramada a lo largo de las entalladuras actuales promovidas por el encajonamiento posterior de la red hidrográfica. Estas condiciones han promovido la formación de una asociación de superficies disectadas-entalladas, en cuyas vertientes exteriores muy abruptas aparecen afloramientos pedregosos y conglomeráticos (Winckell, *et al.*, 1997).

El perfil modal de esta unidad corresponde a un suelo clasificado como Thaptic Hapludands (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.12** y **Cuadro 2.5**) caracterizado por poseer colores muy oscuros en el primer horizonte y fuerte reacción al NaF en la mayoría de sus horizontes.

Figura 2.12. Perfil del suelo clasificado como Thaptic Hapludands (izquierda) ubicado en Pachijal, Nanegalito, Pichincha. El sitio está en la parte alta del cono cercana a la cordillera occidental. En estos sitios se desarrollan sistemas silvopastoriles con ganadería de doble propósito (derecha) (MIDENA, *et al*., 2013g).

Cuadro 2.5. Características del perfil del suelo clasificado como Thaptic Hapludands (MIDENA, *et al*., 2013g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-6	Color en húmedo: pardo muy oscuro (10YR 2/2); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; densidad aparente: 1.24 g cm^{-3}.
AC	6-24	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: areno francosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 5.6; materia orgánica: 4.5 %.
2Ab1	24-41	Color en húmedo: pardo muy oscuro (10YR 2/2); textura: areno francosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 5.9; materia orgánica: 6.5 %; CIC: 14 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 34 %.
2Ab2	41-70	Color en húmedo: negro (10YR 2/1); textura de campo: franca; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF.
2C1	70-78	Color en húmedo: gris muy oscuro (10YR 2/1); textura de campo: arena; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF.
3C2	78-105	Color en húmedo: gris muy oscuro (10YR 2/1); textura de campo: franco arenosa; estructura: masiva, porosa; fuerte reacción al NaF.

2.2.3.2. Superficies centrales y occidentales del cono

Estos paisajes representan a una estrecha asociación de superficies disectadas, ubicadas principalmente en la parte central y occidental del gran cono tabular de Santo Domingo. El perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (Soil Survey Staff, 2006) es representativo de las condiciones de la zona (**Figura**

2.13 y **Cuadro 2.6**). Este suelo tiene una textura franco arenosa en los primeros 50 cm, morfológicamente es un perfil del tipo Ap/AB/Bw/C1/C2 y todos los horizontes presentan fuerte reacción al NaF. El horizonte A es de color pardo muy oscuro, de estructura granular a bloques subangulares. Subyace al horizonte A un horizonte Bw de color pardo oscuro y de estructura en bloques subangulares. Los dos horizontes C son de colores de pardo amarillentos a grises oscuros con estructuras masivas.

Figura 2.13. Perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (izquierda) ubicado en Los Laureles, Pedro Vicente Maldonado, Pichincha, en la parte central del Cono Tabular. Estos sitios son utilizados con sistemas agrosilvopastoriles para ganado de doble propósito (derecha) (MIDENA, *et al*., 2013h).

Cuadro 2.6. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (MIDENA, *et al*., 2013h).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-10	Color en húmedo: pardo muy oscuro (10YR 2/2); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; densidad aparente: 0.96 g cm^{-3}; pH: 5.9; materia orgánica: 10.0 %; CIC: 14 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 13 %.
A	10-25	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 5.8; materia orgánica: 4.3 %; CIC: 14 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 11 %.
Bw	25-55	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.0; materia orgánica: 3.8 %.
C1	55-75	Color en húmedo: gris (10YR 5/1); textura de campo: areno francosa; estructura: masiva; fuerte reacción al NaF.
C2	75-105	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura de campo: franco arenosa; estructura: masiva; fuerte reacción al NaF.

2.2.4. Llanura antigua de deposición (llanura costera alta)

La llanura antigua de deposición está conformada por relieves entre disectados y ondulados que se inician en Quinindé en su extremo norte y avanzan hasta la línea entre Daule y Puebloviejo al sur, sitio en el cual se difunden en la llanura aluvial reciente, al este limita con los piedemonte de la cordillera occidental de los Andes y al oeste con los relieves sedimentarios costeros (Winckell y Zebrowski, 1997) (**Figura 2.14**). Esta

zona se caracteriza por tener superficies disectadas con cimas redondeadas anchas o estrechas, con altitudes máximas de 15 m, pero que típicamente no sobrepasan los 5 m y cuyas pendientes oscilan entre 2 y 40 %.

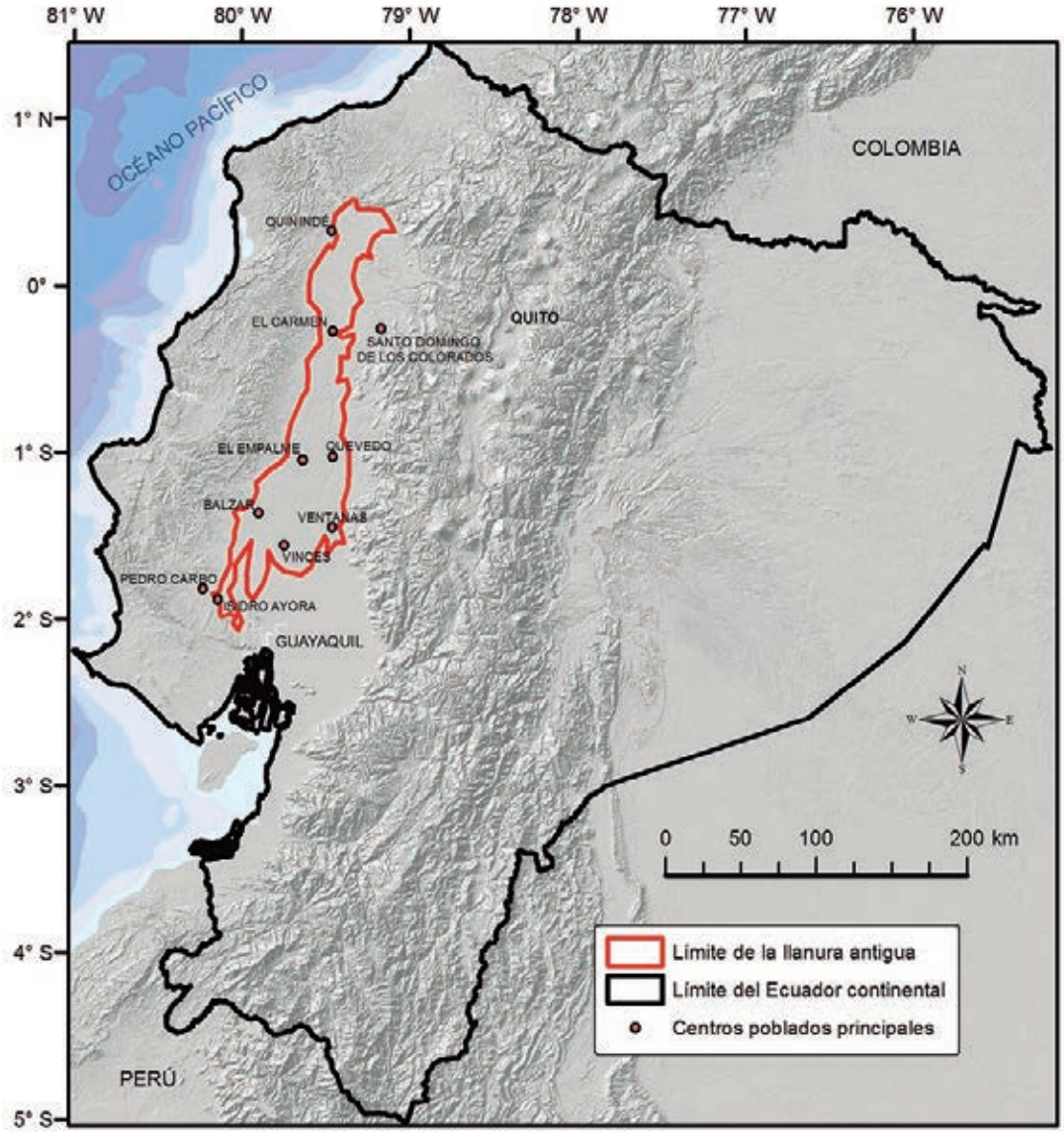

Figura 2.14. Ubicación de la llanura aluvial antigua con respeto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell y Zebrowski (1997).

Genéticamente, esta llanura se asienta sobre depósitos antiguos que se acumularon por la abundante sedimentación proveniente del aporte de los principales ríos del norte de la Sierra, de los depósitos piroclásticos de material volcánico andino movidos por el viento y por el posterior encajonamiento provocado por el aumento consecutivo del escurrimiento hídrico fluvial causado por el deshielo del casquete glaciar andino y de la red hidrográfica antigua que tenía más capacidad y fuerza que la actual debido a uno o varios períodos de deshielo glaciar. La llanura antigua, llamada también llanura disectada, ha tenido entonces la influencia de tres conjuntos de factores formadores: a) disección de los sedimentos fluviales depositados; b) formaciones superficiales del tipo fluvial y piroclástica y; c) gradiente climático, húmedo al norte y seco al sur. Por esta razón, la llanura se divide en tres zonas homogéneas en términos de clima y pedogénesis: a) superficies con cobertura total de ceniza volcánica al norte; b) zonas con cobertura parcial de cenizas volcánicas al centro y; c) superficies sin recubrimiento de ceniza piroclástica al sur (Winckell y Zebrowski, 1997; León, 2010).

En términos de clima, la llanura antigua está localizada en la zona tropical megatérmica muy húmeda y húmeda. El extremo norte y la franja que bordea el piedemonte de los Andes reciben precipitaciones medias anuales que varían de 3 000 a 4 000 mm, repartidos en 195 días, con un déficit anual inferior a 150 mm (menos de 4 meses secos), con temperaturas medias diarias que fluctúan entre 24 a 25 ºC (CLIRSEN, *et al*., 2010a). En el centro (Vinces) la precipitación media anual llega a 1 500 mm y en el sur (Isidro Ayora) a 970 mm con 110 y 75 días de lluvia anual, respectivamente, lo que en el sur representa un déficit hídrico anual de 800 mm durante la estación seca (8-9 meses) (Huttel, 1997; Winckell y Zebrowski, 1997). Datos de estudios recientes para el cantón Vinces ratifican que la precipitación media anual de la zona fluctúa entre 1 400 a 1 650 mm y que las temperaturas medias diarias fluctúan entre 25 a 27 ºC (CLIRSEN, *et al*., 2009i). Un amplio sector del centro de la llanura antigua posee condiciones intermedias de clima caracterizadas por precipitaciones medias anuales de 2 000 mm, con un déficit hídrico anual de 500 mm (5 a 7 meses secos) (Winckell y Zebrowski, 1997).

En esta zona, la de mayor potencial agrícola del Ecuador, se localiza la producción de los más importantes cultivos para consumo nacional y para la exportación. Los cultivos que se destacan son cacao (*Theobroma cacao* L.), banano (*Musa div* sp.), palma aceitera, principalmente africana (*Elaeis guineensis*), mango (*Mangifera indica* L.), abacá (*Musa textiles* N.), plátano (*Musa paradisiaca*), maíz duro (*Zea mays* L.) y soya (*Glycine max* L. Merill) (Huttel, 1997; Pacheco, 2009; INEC, 2019).

2.2.4.1. Superficies con cobertura total de ceniza volcánica del norte

Esta zona corresponde a la parte norte de la alta llanura, que es a su vez la parte más húmeda (> 2 500 mm anuales de lluvia), condición que ha promovido la formación de arcillas amorfas (alófana e imogolita) como producto de la alteración de las cenizas volcánicas y la marcada pérdida de bases del complejo de intercambio (Winckell, *et al*., 1997). En esta zona se diferencian dos tipos generales de suelos: a) Andisoles desaturados de régimen údico, hasta perúdico, formados de cenizas recientes, ligeramente hidromórficos en superficie y con cenizas antiguas de texturas más finas y ligeramente perhidratados a profundidad y; b) suelos con cobertura total de cenizas volcánicas que cubren paleosuelos rojos en un régimen de humedad údico. Los suelos predominantes de esta zona son Andisoles (**Figura 2.15** y **Cuadro 2.7**) con una profundidad efectiva > 50 cm, la textura superficial puede ser franca, franco arcillosa, franco limosa o franco arenosa, propiedad heredada de la cobertura de ceniza. A profundidad la textura de estos suelos no se aleja del rango de los francos, excepto cuando los subyacen paleosuelos caracterizados por su textura arcillosa pesada. En general, el drenaje de los suelos es óptimo. El pH de los suelos se concentra, en su mayoría, entre 6 y 7 en los horizontes superiores y en muy pocos perfiles el pH es ligeramente superior a 7 (MIDENA, *et al*., 2013a).

Figura 2.15. Perfil de suelo Typic Hapludands (izquierda) en el sector Escuela Antonio José de Sucre, Valencia, Los Ríos, con una secuencia de horizontes A/Bw1/Bw2/Bw3/C/2Ab, ubicado sobre una superficie poco disectada de 2 % de pendiente (derecha) (MIDENA, *et al*., 2013e).

Cuadro 2.7. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (MIDENA, *et al*., 2013e).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franca; estructura: granular a bloques subangulares; ligera reacción al NaF; pH: 6.3; materia orgánica: 4.6 %; CIC: 24 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 34 %.
Bw1	15-40	Color en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3); textura: franca; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.5; materia orgánica: 2.4 %; CIC: 22 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 27 %.
Bw2	40-80	Color en húmedo: pardo oliva (2.5Y 4/4); textura de campo: franco limosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF.
Bw3	80-95	Color en húmedo: pardo oliva (2.5Y 4/3); textura de campo: franco limosa; estructura: bloques subangulares y angulares; fuerte reacción al NaF.
C	95-100	Color en húmedo: gris claro (2.5Y 7/2); textura de campo: arena; estructura: grano simple; fuerte reacción al NaF.
2Ab	100-105	Color en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3); textura de campo: franco limosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF.

2.2.4.2. Zonas con cobertura parcial de ceniza volcánica

Esta zona se encuentra ubicada en la parte central de la llanura disectada, entre El Empalme-Quevedo en el norte y Balzar-Ventanas en el sur. En esta área la cobertura de ceniza se vuelve más fina, el relieve es pronunciado y aparecen suelos inicialmente enterrados. El clima es más seco (< 1 500 mm), comparado con las zonas cubiertas totalmente de cenizas volcánicas del norte.

Los suelos son un poco más arcillosos que los de las zonas húmedas del norte y la cantidad de arcillas amorfas disminuye. Los suelos subyacentes (enterrados) son siempre suelos ferralíticos saturados (Winckell y Zebrowski, 1997). Los cultivos más importantes de esta zona son banano (*Musa* div sp), plátano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*) y maíz (*Zea mays*). El perfil modal de esta zona pertenece a un suelo clasificado como Typic Hapludolls (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.16** y **Cuadro 2.8**).

Figura 2.16. Perfil del suelo clasificado como Typic Hapludolls (Soil Survey Staff, 2006) (izquierda) ubicado en Palma Sola, Mocache, Los Ríos, sobre una superficie disectada con pendiente < 12 % (derecha) (MIDENA, *et al*., 2012b).

Cuadro 2.8. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Hapludolls (MIDENA, *et al*., 2012b).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-7	Color en húmedo: pardo muy oscuro (10YR 2/2); textura: franca; estructura granular; pH: 6.7; materia orgánica: 8.9 %; CIC: 33 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 95 %.
A	7-40	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franca; estructura: granular; pH: 5.7; materia orgánica: 6.7 %; CIC: 20 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 93 %.
AB	40-57	Color en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3); textura: franco limosa; estructura: granular; pH: 6.1; materia orgánica: 1.3 %; CIC: 15 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 94 %.
Bw	57-85	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura de campo: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares.
C	85-100	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura de campo: arcillosa; estructura: masiva.

2.2.4.3. Superficies sin recubrimiento de ceniza

Esta zona, que entra en contacto con la llanura baja inundable, corresponde a la zona más seca de la llanura antigua lo que ha desarrollado un régimen ústico de humedad del suelo. Los suelos provienen exclusivamente de sedimentos aluviales antiguos ya que las cenizas recientes no alcanzaron estas áreas por su lejanía de los centros de emisión. Los suelos de la parte noreste, ubicados en la zona más húmeda cercana a la cordillera occidental, son ferralíticos, sin embargo, las precipitaciones decrecen hacia el oeste, lejos de la cordillera y los suelos pasan a ser fersialíticos y luego vérticos (Winckell y Zebrowski, 1997). Los suelos dominantes de esta región son Inceptisoles y Alfisoles (IGM, 2019b) (**Cuadro 2.9**). El perfil modal de esta zona corresponde a un suelo clasificado como Inceptic Haplustalfs (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.17** y **Cuadro 2.10**).

Cuadro 2.9. Distribución porcentual de los diferentes suelos a nivel de subgrupo (Soil Survey Staff, 2006), en las áreas correspondiente a los cantones Balzar, Colimes, Daule, Palestina, Santa Lucía, Puebloviejo y Vinces ubicados en la parte sur de la llanura antigua caracterizada por no tener recubrimiento de ceniza volcánica (IGM, 2019b).

Subgrupo	%
Vertic Haplustepts	42.95
Vertic Haplustalfs	15.91
Inceptic Haplustalfs	9.21
Typic Haplustalfs	8.19
Vertic Paleustalfs	6.71
Oxyaquic Vertic Haplustalfs	3.59
Typic Haplusterts	2.08
Typic Haplustepts	1.27
Dystric Haplustepts	1.22
Otros	8.88

Figura 2.17. Perfil del suelo clasificado como Inceptic Haplustalfs ubicado en San José II, Pueblo Viejo, Los Ríos, con una secuencia de horizontes Ap/E/Bt1/Bt2/C (izquierda). El sitio está localizado en una superficie disectada con pendiente < 12 % (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2010e).

Cuadro 2.10. Características del perfil del suelo clasificado como Inceptic Haplustalfs (CLIRSEN, *et al*., 2010e).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-10	Color en húmedo: gris muy oscuro (10YR 3/1); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.0; materia orgánica: 3.5 %; CIC: 22 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 47 %.
E	10-16	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 7.0; materia orgánica: 0.7 %.
Bt1	16-35	Color en húmedo: gris oscuro (2.5Y 4/1); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.7; materia orgánica: 1.0 %.
Bt2	35-50	Color en húmedo: gris oliva (5Y 5/2); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.1; materia orgánica: 0.3 %.
C	50-110	Color en húmedo: oliva (5Y 5/4); textura de campo: arcillosa; estructura: masiva.

En esta zona, y en general en toda la llanura antigua, existen valles cuyo sustrato corresponde a depósitos aluviales con pendientes planas (0 a 2 %) que en épocas lluviosas tienden a inundarse y que en épocas secas se aprovechan para cultivar con pastos, arroz (*Oriza sativa*), maíz (*Zea mays*) (IGM, 2019c). Como ejemplo de los suelos encontrados en estos valles se presenta el perfil de un suelo clasificado como Typic Endoaquerts (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.18** y **Cuadro 2.11**), ubicado en Baba, provincia de Los Ríos, caracterizado por presentar grietas, caras de deslizamiento (*slickensides*), alto contenido de arcillas 2:1 (montmorillonita-vermiculita), régimen de humedad áquico y un nivel freático localizado a los 55 cm en época seca, condición que limita su profundidad efectiva. Además, el suelo tiene una textura arcillo limosa en superficie y a profundidad el drenaje natural es malo ya que elimina muy lentamente el agua (SIGTIERRAS, 2016a).

Figura 2.18. Perfil del suelo clasificado como Typic Endoaquerts (izquierda) ubicado en Baba, Los Ríos, sobre el cual se cultiva arroz (derecha) (SIGTIERRAS, 2016a).

Cuadro 2.11. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Endoaquerts (SIGTIERRAS, 2016a).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ag	0-20	Color en húmedo: pardo (2.5Y 5/3), con moteado pardo oliva claro (2.5Y 2.5/1); textura: arcillo limosa; pH: 6.3; materia orgánica: 3.4 %; CIC: 20.1 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 100 %.
Bssg1	20-30	Color en húmedo: gris (2.5YR 5/1), con moteado rojo (2.5YR 4/6); textura: arcillo limosa; pH: 6.3; materia orgánica: 3.1 %; CIC: 20.7 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Bssg2	30-45	Color en húmedo: gris (10YR 4/1), con moteado rojo (2.5 YR 4/6); textura: arcillo limosa; pH: 6.1; materia orgánica: 5.6 %; CIC: 21 cmol kg^{-1}: saturación de bases: 99 %.
Bssg3	45-50	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 6/6), con moteado rojo (2.5YR 4/8); textura: arcillo limosa; pH: 6.6; materia orgánica: 1.2 %; CIC: 24 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 103 %.

2.2.5. Llanura aluvial reciente

La llanura aluvial reciente se ubica entre los conos del piedemonte andino al este, la llanura aluvial antigua al norte y los relieves sedimentarios de Manabí al oeste, pero la llanura se estrecha considerablemente entre Guayaquil y los cerros de Masvale y continúa hacia el sur formando solamente una estrecha franja de alrededor de 10 km que se prolonga hasta Arenillas (Winckell y Zebrowski, 1997) (**Figura 2.19**). Esta unidad está en la zona seca, sin embargo, las precipitaciones medias anuales se reducen de este a oeste (2 215 a 1 180 mm), pero también disminuyen de norte a sur (1 555 a 500 mm), con un periodo seco de entre 8 y 9 meses. Las temperaturas medias anuales son > 23 °C y las variaciones anuales de temperatura no sobrepasan los 4 °C. Esta es una zona de transición que tiende a ser semihúmeda al acercarse al piedemonte andino (Winckell y Zebrowski, 1997; Moreno, 2001).

Estas áreas provienen originalmente de los sedimentos detríticos cuaternarios de origen continental, aluvial, fluvio-lacustre a fluvio-marino que rellenaron una depresión topográfica creada por una fosa de subsidencia meridiana. La altitud del relieve es siempre inferior a 20 m, pero en la mayoría de las zonas solo alcanza 5 m, con un ligero incremento en altitud en dirección a los conos de piedemonte. Los modelados son planos y monótonos y las ondulaciones existentes, que nunca pasan los 2 o 3 m de desnivel, no son fácilmente perceptibles (Winckell and Zebrowski, 1997).

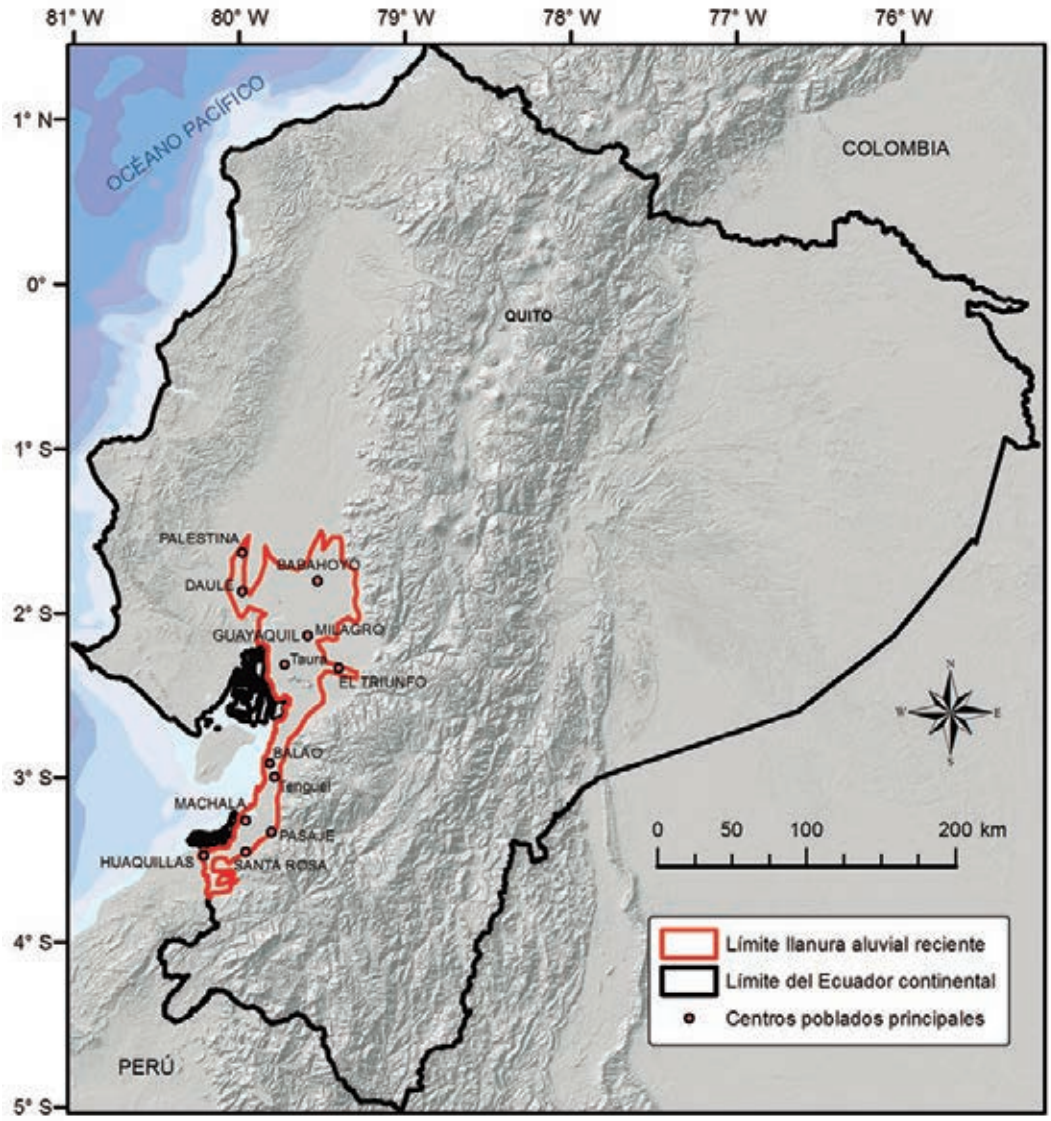

Figura 2.19. Ubicación de la llanura aluvial reciente respecto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell and Zebrowski (1997).

La formación de la llanura aluvial reciente se inicia con los fuertes procesos de erosión de la Sierra que generan abundantes sedimentos que son arrastrados por los ríos que finalmente llegan a la llanura aluvial antigua o a los conos de disección. Estos ríos se desbordan sobre esta gran planicie generando la decantación de partículas de arcilla y limo. La acumulación de sedimentos afecta al golfo de Guayaquil donde el ambiente fluvio-marino del estuario del río Guayas pierde terreno debido a que los aportes de sedimentos son mayores que los espacios provocados por el hundimiento continuo de subsidencia actual. En consecuencia, los suelos de la llanura aluvial reciente se remodelan por inundaciones periódicas de la estación lluviosa (Winckell y Zebrowski, 1997; Tapia, 2012).

Cabe destacar que dentro de esta llanura está inmersa la cuenca baja del río Guayas que es la zona de explotación agrícola más importante del país (Moreno, 2012). Esta cuenca está conformada por las zonas bajas de las subcuencas de los ríos Daule, Vinces, Babahoyo, Chimbo, Bulubulu, Taura y Churute (Sevillano, 2010).

Como consecuencia de los factores de formación recientes la llanura aluvial baja es inundable y tiene, en forma general, suelos arcillosos con textura homogénea hasta una apreciable profundidad. En los

suelos que tienen capa freática poco profunda se presentan horizontes de colores muy marcados por el hidromorfismo. En las zonas cercanas al medio fluvio-marino se pueden presentar suelos salinos y suelos totalmente inundados. Los suelos muy arcillosos (> 60 % de arcilla) están ubicados en la parte baja de esta llanura, son de color negro cuando no están sumergidos una parte del año, pero en las zonas más deprimidas frecuentemente están inundados gran parte del año y presentan color gris-oliva. Por lo general, el pH es ligeramente ácido (6 a 7), con una saturación de bases mayor al 50 % (Zebrowski y Sourdat, 1997; Moreno, 2001).

La llanura aluvial baja se caracteriza por tener una intensa utilización agrícola. Las zonas inundables en los niveles más bajos son importantes áreas de producción de arroz (*Oriza sativa*) que utiliza riego por inundación natural en la estación lluviosa y luego riego por bombeo en la época seca. Las zonas más altas, con menores riesgos de inundación, están ocupadas por plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) o banano (*Musa* div sp.) (Winckell y Zebrowski, 1997; IGM, 2019c).

2.2.5.1. Nivel plano

El nivel plano se caracteriza por tener pendientes que no sobrepasan el 2 % y sin desnivel relativo, razón por la cual son áreas que se inundan con frecuencia. Los suelos predominantes son Vertisoles (IGM, 2019b) (**Cuadro 2.12**) que se caracterizan por su textura pesada con presencia de arcillas de tipo expansivo, es decir, que se contraen en época seca formando grietas y se expanden en época lluviosa. Por su escaso desnivel relativo son suelos mal drenados con estructura masiva (CLIRSEN, *et al*., 2009a).

Cuadro 2.12. Distribución porcentual de los diferentes tipos de suelos, a nivel de subgrupo (Soil Survey Staff, 2006), de los niveles planos (IGM, 2019b).

Subgrupo	%
Typic Hapluderts	58.26
Entic Haplusterts	10.70
Aquic Hapluderts	10.67
Fluventic Hapludolls	5.76
Typic Haplusterts	5.17
Typic Udifluvents	5.05
Aquic Haplustepts	3.25
Aeric Endoaquepts	0.67
Udic Haplusterts	0.35
Vertic Eutrudepts	0.07

Las pobres características físicas son la principal limitación de este tipo de suelos que generan condiciones de mal drenaje, baja conductividad del agua y aire, texturas pesadas, bajo desarrollo estructural, mala porosidad, saturación con agua y niveles freáticos altos (**Figuras 2.20** y **2.21, Cuadros 2.13 y 2.14**). Estos suelos son de muy difícil laboreo y tienen severas limitaciones para soportar cultivos, con excepción del arroz (*Oryza sativa* L.). Los costos de las prácticas de corrección de drenaje requeridos para habilitar el suelo para otros cultivos son muy elevados (Mejía, 1997).

Figura 2.20. Perfil de un suelo clasificado como Typic Hapluderts (izquierda) ubicado en El Silencio, Colimes, Guayas, en un nivel plano donde se sembró arroz (derecha). En todos los horizontes existe > 40 % de arcilla (CLIRSEN, *et al*., 2009h).

Cuadro 2.13. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Hapluderts (CLIRSEN, *et al*., 2009h).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-20	Color en húmedo: negro (2.5Y 2;5/1); textura: arcillosa; estructura: bloques angulares; pH: 7.0; materia orgánica: 2.7 %; CIC: 42.4 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Ass	20-40	Color en húmedo: negro (10YR 2/1); textura: arcillosa; estructura: bloques angulares; pH: 7.1; materia orgánica: 1.8 %; CIC: 41.1 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Css1	40-120	Color en húmedo: gris muy oscuro (2.5 Y 3/1); textura: arcillosa; estructura: masiva; pH: 7.7; materia orgánica: 0.9 %; CIC: 47.0 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 99 %.
Css2	120-140	Color en húmedo: pardo grisáceo (2.5Y 5/2); textura: arcillosa; estructura: masiva; pH: 8.3; materia orgánica: 0.4 %; CIC: 36.9 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 99 %.

Figura 2.21. Perfil del suelo clasificado como Aquic Udifluvents (izquierda) ubicado en Pimocha, Babahoyo, Los Ríos, en un nivel ondulado (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2009g).

Cuadro 2.14. Características del perfil Aquic Udifluvents (CLIRSEN, *et al*., 2009g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-16	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (2.5 y 3/2); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.6; materia orgánica: 2.9 %; CIC: 40.9 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 99 %.
2Ab	16-22	Color en húmedo: pardo gris muy oscuro (10YR 3/1), con moteado color pardo amarillento (10YR 5/8); textura: arcillosa; estructura: granular; pH: 7.2; materia orgánica: 2.5 %.
2C1	22-33	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2), con moteado color amarrillo oliva (2.5Y 6/8); textura de campo: arcillosa; estructura: masiva.
3C2	33-45	Color en húmedo: pardo oliva clara (2.5Y 5/3), con moteado color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura de campo: arcillosa; estructura: masiva.

2.2.5.2. Bancos y diques aluviales

Los bancos y diques aluviales se ubican principalmente al margen de los ríos Daule y Babahoyo, pero también están a lo largo del borde sinuoso de la hidrografía de la llanura plana (**Figura 2.22**). Estas áreas son de origen deposicional, con una pendiente dominante de 0 a 5 % y un desnivel relativo que varía de 0 a 5 m de altura (CLIRSEN, *et al*., 2009d). Los bancos y diques cumplen una importante función ambiental al conservar las riveras de los ríos con una cobertura vegetal que asocia árboles tropicales como el mango (*Mangifera indica*), que da sombra al café (*Coffea* sp.) y al cacao (*Theobroma cacao*), así como otros cultivos como banano (*Musa div* sp.), cítricos (*Citrus* sp.) y cultivos de subsistencia. Los bancos y diques aluviales cumplen, también, funciones de protección contra las crecientes de los ríos (Winckell y Zebrowski, 1997). En los bancos y diques aluviales predominan los suelos clasificados como Mollisoles (**Figuras 2.22-2.23**), seguidos por los Entisoles e Inceptisoles (IGM, 2019b) (**Cuadro 2.15**).

Gran cantidad de bancos aluviales de esta zona han sido alterados para ajustarse a los requerimientos del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y de plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). En la zona de Milagro, entre los años 1983 y 2010, se alteraron suelos clasificados como Fluventic Hapludolls, asociados generalmente a los bancos y diques aluviales, degradándolos a Fluventic Eutrudepts, principalmente por intervención antrópica en respuesta al descenso en el precio de cultivos como cacao y café y el ascenso en el precio caña de azúcar y arroz. Los agricultores literalmente eliminaban el horizonte móllico con el fin de encontrar capas arcillosas que soporten la producción de cultivos rentables como el arroz. Se calcula que la superficie afectada es de 5 971 ha (Sánchez, *et al*., 2010).

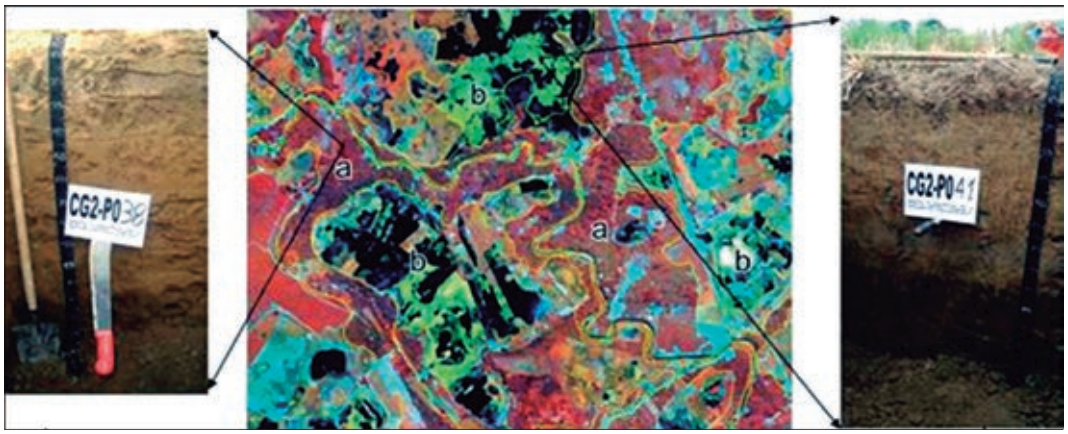

Figura 2.22. Relación suelo-vegetación en la llanura aluvial reciente. En el centro una imagen satelital KOMPSAT del año 2009 (combinación de bandas 4,2,1 -RGB-). A la izquierda, perfil de un suelo clasificado como Fluventic Hapludolls ubicado en El Hacha, Vinces, Los Ríos en un banco o dique aluvial (a en la imagen satelital). A la derecha, perfil de un suelo clasificado como Vertic Haplustepts ubicado en Junquillo, Vinces, los Ríos en una superficie poco disectada (b en la imagen satelital) (Sevillano, 2010).

Cuadro 2.15. Distribución porcentual de los diferentes tipos de suelo, a nivel de subgrupo (Soil Survey Staff, 2006), de los bancos y diques aluviales (IGM, 2019a).

Subgrupo	%
Fluventic Hapludolls	65.20
Fluventic Eutrudepts	15.30
Mollic Udifluvents	12.90
Typic Hapludolls	3.02
Typic Udifluvents	1.76
Vertic Eutrudepts	0.59
Typic Ustipsamments	0.43
Udic Ustifluvents	0.37
Otros	0.43

Estos suelos se caracterizan por tener textura variable dentro de los primeros 50 cm, pero, en general, la textura es franca, son friables, por lo tanto, fácilmente trabajables y de buen drenaje. De igual manera, las propiedades químicas son favorables para la producción agrícola, el pH no se aleja de la neutralidad, tienen un alto contenido de materia orgánica (> 2 %) y un porcentaje de saturación de bases > 50 % (SIGTIERRAS, 2016b).

Figura 2.23. Perfil del suelo clasificado como Fluventic Hapludolls (izquierda) ubicado en el cantón Palenque, Vinces, Los Ríos, desarrollado sobre varias capas de depósitos friables sueltos en un banco aluvial, con una secuencia de horizontes Ap/Bw1/2Bw2/3C, sobre el cual se cultiva banano (derecha) (SIGTIERRAS, 2016b).

Cuadro 2.16. Características del perfil Fluventic Hapludolls (SIGTIERRAS, 2016b).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-20	Color en húmedo: gris (10YR 3/1), con moteado rojo (5YR 4/6); textura: franco arcillo limosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.6; materia orgánica: 3.7 %; CIC: 22.5 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 60 %.
Bw1	20-70	Color en húmedo: gris (10YR 5/1), con moteado rojo (2.5YR 5/6); textura: franco arcillo limosa; estructura: bloques subangulares y angulares; pH: 6.3; materia orgánica: 2.0 %; CIC: 23.4 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 79 %.
2Bw2	70-110	Color en húmedo: gris (10YR 6/2), con moteado rojo (10YR 5/8); textura: franco limosa; estructura: bloques subangulares.
3C	110-135	Color en húmedo gris (5Y 5/2), con moteado pardo (10YR 5/6); textura: franco arcillo limosa; estructura: masiva.

2.2.5.3. Nivel ligeramente ondulado con presencia de agua

Esta zona está ubicada en el área de influencia de los ríos Babahoyo y Daule, cauces que depositan sedimentos generando un modelado ligeramente perceptible a la vista como una asociación de muy suaves ondulaciones (3 a 5 m como máximo) y de depresiones permanentemente inundadas. Es el aspecto típico de un modelado ondulado del cual solo las cimas emergen de las aguas. Los sitios dentro de esta zona se caracterizan por presentar pendientes del 2 a 5 % si se encuentran en su estado natural y de 0 a 2 % si han sufrido mecanización. La cobertura vegetal está compuesta por cultivos como arroz, pastos y vegetación natural (**Figura 2.24**) (Winckell y Zebrowski, 1997; Moreno, 2001; CLIRSEN, *et al*., 2009c). Los suelos predominantes en esta zona son Vertisoles e Inceptisoles, pero también se reporta la existencia de Entisoles y Mollisoles en menor proporción (**Cuadro 2.17**).

Cuadro 2.17. Distribución porcentual de los diferentes tipos de suelo, a nivel de subgrupo (Soil Survey Staff, 2006), en los niveles ligeramente ondulados (IGM, 2019b).

Subgrupo	%
Typic Haplusterts	24.92
Typic Hapluderts	19.40
Vertic Eutrudepts	9.12
Vertic Endoaquepts	9.11
Udic Haplusterts	5.57
Otros	31.88

En general, los suelos de este paisaje son muy arcillosos y poco profundos. Se representan en asociaciones debido a la dificultad de separarlos cartográficamente, por ejemplo, los suelos que están inundados la mayor parte del año (en las depresiones) poseen colores gley (verde oliva) y se los ha clasificado como Vertic Endoaquepts porque presentan un régimen de humedad áquico, en contraste, los suelos de las cimas emergidas tiene colores negros y se los ha clasificado como Udic Haplusterts (Moreno, 2001). Existen también suelos que se caracterizan por tener textura pesada y permanecen saturados por una parte del año (generalmente de enero a mayo) y, en consecuencia, presentan mal drenaje (**Figuras 2.25–2.26** y **Cuadro 2.18**). Estos suelos tienden a mostrar ligera acidez (pH 6.0 a 6.5) o ligera salinidad (conductividad eléctrica > 2.0 y < 4.0 dS m^{-1}) y saturación de bases > 50 % (Winckell y Zebrowski, 1997; Moreno, 2001; CLIRSEN, *et al*., 2009c; CLIRSEN, *et al*., 2009b).

Figura 2.24. Panorámica de un nivel ligeramente ondulado de suelos vérticos ubicado en la Cooperativa Vista Alegre, Samborondón, Guayas (CLIRSEN, *et al.*, 2009e).

Figura 2.25. Perfil del suelo clasificado como Typic Haplusterts (izquierda) ubicado en El Chorrillo, cantón Guayaquil. En estos suelos se cultiva de arroz (derecha) (CLIRSEN, *et al.*, 2011h).

Figura 2.26. Perfil de suelo clasificado como Oxyaquic Eutrudepts (izquierda) ubicado en el sitio Valle Verde, Babahoyo, Los Ríos (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2009f).

Cuadro 2.18. Características del perfil Oxyaquic Eutrudepts (CLIRSEN, *et al*., 2009f).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-21	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2), con moteado pardo amarillento (10YR 5/8); textura: franco arcillo limosa; estructura: bloques subangulares; pH: 7.2; materia orgánica: 1.2 %; CIC: 34.4 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Bg	21-56	Color en húmedo: gris oliva (5Y 4/2), con moteado pardo amarillento (10YR 5/8); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; pH: 7.1; materia orgánica: 0.7 %; CIC: 28.3 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Cg	56-78	Color en húmedo: gris oliva (5Y 4/2), con moteado pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franco arcillosa; estructura: masiva; pH: 7.3; materia orgánica: 0.7 %.

2.2.6. Piedemonte de la Cordillera Occidental

Esta unidad se ubica entre las vertientes andinas occidentales al este y la llanura aluvial al oeste (**Figura 2.27**). Su posición, inmediatamente al pie de la vertiente andina, origina su nombre. La unidad se formó a partir de depósitos coluvio-aluviales provenientes de los deshielos glaciares cuaternarios que con altas velocidades dibujaron figuras cónicas sobre la superficie de la llanura, por esta razón, los minerales son variados tanto en composición como en tamaño y forma. En la **Figura 2.28** se presenta un esquema que describe la dirección del arrastre de los depósitos (MIDENA, *et al*., 2013a).

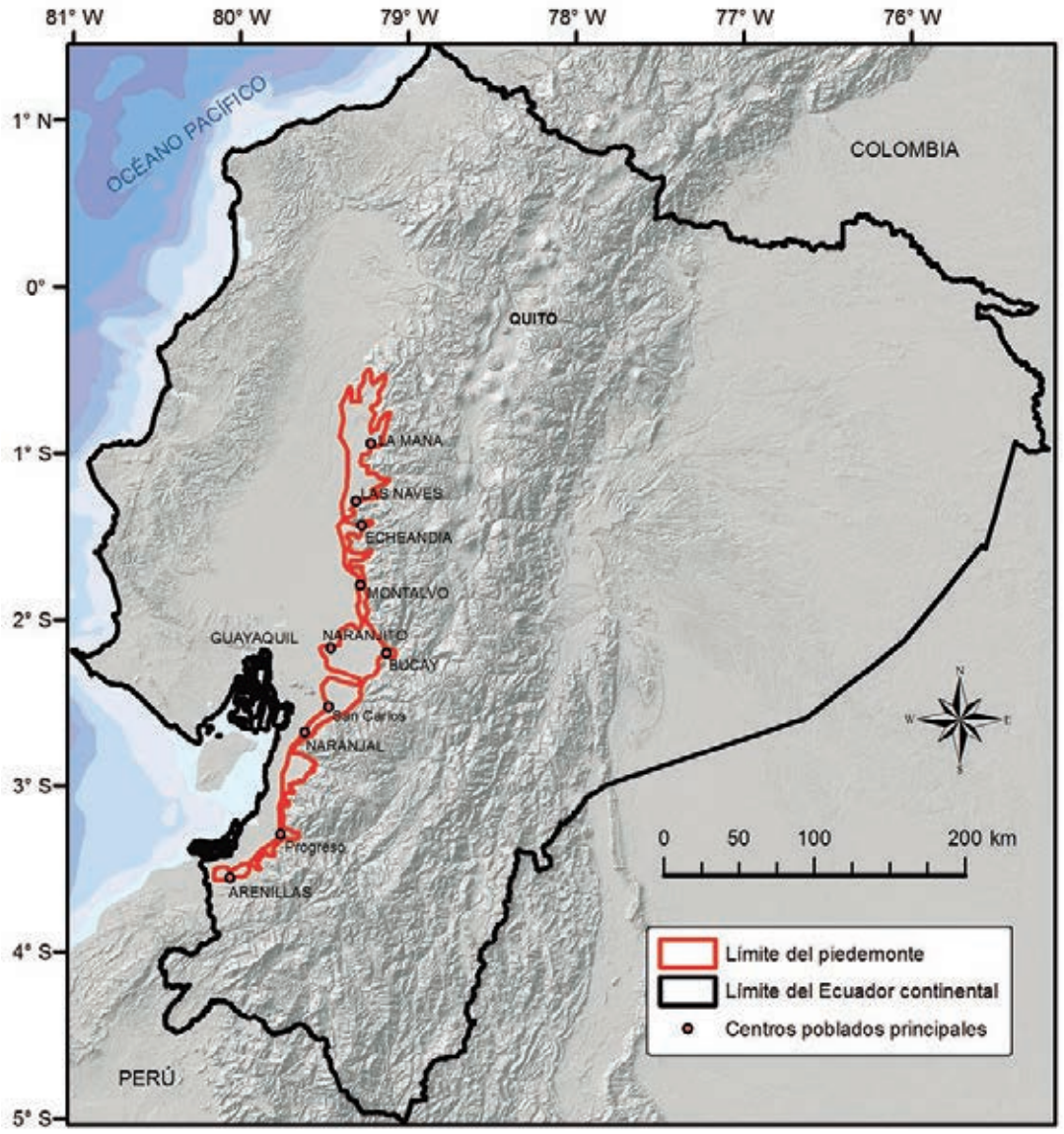

Figura 2.27. Ubicación del piedemonte de la cordillera occidental en el Ecuador continental. Adaptado de Winckell y Zebrowski (1997).

Existe una diferencia marcada entre los paisajes del norte del piedemonte de la cordillera occidental en comparación con los ubicados al centro y sur. Esto se debe a que el sector norte está completamente cubierto con piroclastos, condición que, además de suavizar el modelado de las geoformas, otorga características físicas y químicas particulares a los suelos de esta zona. Las alturas van disminuyendo conforme la unidad se desplaza hacia el sur, pasando de 1 000 a 800 m s. n. m. en Alluriquín y Santo Domingo al norte, hasta llegar a 20 m s. n. m. al entrar en contacto con la llanura aluvial al sur. De la misma manera, existe una reducción de la cantidad de precipitación media anual que varía de 2 660 mm en el sector norte a 500 mm en el sector sur. Además, existe también una gradiente secundaria de precipitación de este a oeste debido al bloqueo orográfico de la circulación atmosférica, así, las precipitaciones más altas se producen cerca de la cordillera andina (2 290 mm en Bucay) y las más bajas en el borde occidental (1 440 mm en San Carlos) (Winckell y Zebrowski, 1997). Dentro del piedemonte existen dos subunidades claramente definidas: los conos de deyección y los conos de esparcimiento.

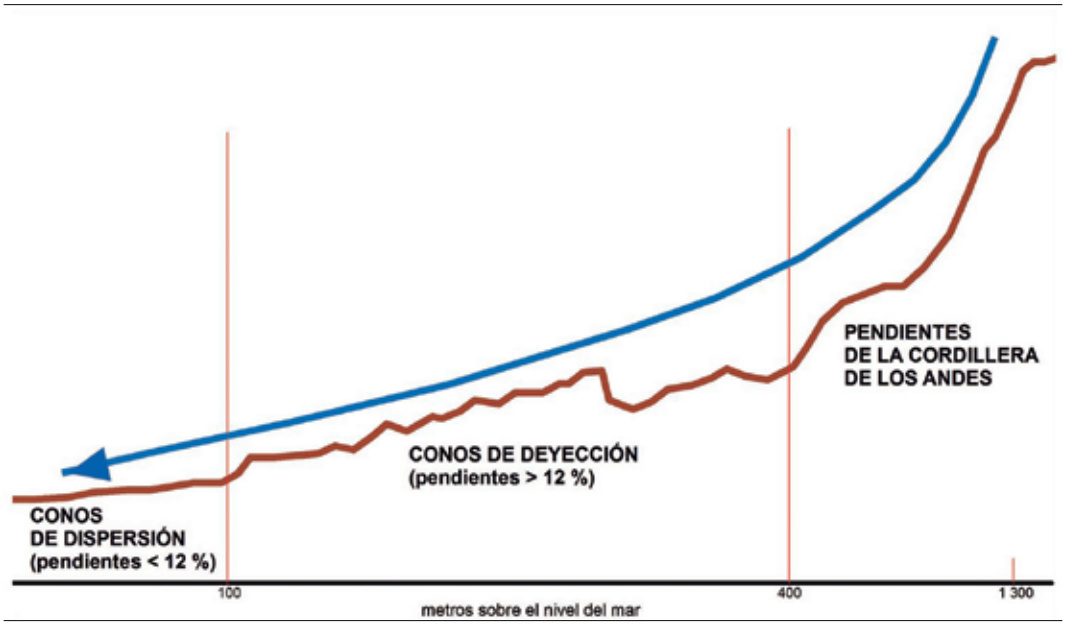

Figura 2.28. Perfil de la superficie del piedemonte de la cordillera occidental andina. La línea café representa la superficie del terreno y la flecha azul la dirección de los depósitos. Adaptado de MIDENA, *et al.* (2013a).

2.2.6.1. Conos de deyección

Los conos de deyección o conos aluviales se encuentran en contacto directo con las vertientes andinas (**Figura 2.28**) sobre pendientes que oscilan entre 12 a 25 %. Se caracterizan por presentar superficies disectadas debido a que han sido sometidos durante un largo intervalo de tiempo a la acción de procesos de remodelación. Esta zona se formó a partir de los deshielos glaciares por lo que está compuesta por depósitos detríticos, aluviales y torrenciales de guijarros, bloques y gravas en una matriz areno arcillosa que se extiende radialmente ladera abajo como consecuencia de la acentuada reducción de la pendiente desde el punto en el que el curso del agua abandona el área montañosa (MIDENA, *et al.*, 2013a). En los conos de deyección del piedemonte dominan los suelos clasificados como Andisoles y Alfisoles (IGM, 2019b) (**Cuadro 2.19**).

Cuadro 2.19. Distribución porcentual de ocupación de los diferentes tipos de suelo, a nivel de Orden (Soil Survey Staff, 2006), de los conos de deyección (IGM, 2019b).

Orden	%
Andisoles	44.04
Alfisoles	45.28
Inceptisoles	7.56
Entisoles	2.97
Mollisoles	1.15

Los suelos de la zona norte de esta unidad se encuentran cubiertos de ceniza volcánica de un espesor que varía entre 6 m en la parte norte (las zonas más cercanas a los centros de emisión) hasta llegar a 10 cm en la parte centro-norte de los conos de deyección. En esta zona predominan los suelos clasificados como Andisoles (**Cuadro 2.20**) que se caracterizan por presentar baja densidad aparente (< 0.9 g cm^{-3}) y alta retención de humedad. La diferencia de humedad dentro del cono de deyección proporciona características particulares a

los suelos. En la zona más húmeda y cercana a los centros de emisión de ceniza se han desarrollado Andisoles desaturados (< 50 % saturación de bases), en las mismas zonas húmedas, pero más alejadas de los sitios de emisión se ubican los Andisoles perhidratados (retención de agua > 100 %) y en las zonas más secas están los Andisoles saturados (> 50 % saturación de bases) (Winckell y Zebrowski, 1997; MIDENA, *et al*., 2013a).

Los suelos de la zona centro y sur de los conos de deyección se caracterizan por tener textura arcillo-pedregosa, debido a que se desarrollaron sobre depósitos originales areno-pedregosos. Estos suelos se han lixiviado por efecto del clima, en las zonas más húmedas son ferralíticos y en las más secas fersialíticos. Esta área está dominada por los suelos clasificados como Alfisoles (IGM, 2019b) (**Cuadro 2.20**).

Cuadro 2.20. Distribución porcentual de ocupación de los diferentes tipos de suelo, a nivel de subgrupo (Soil Survey Staff, 2006), en los sectores norte y centro sur de los conos de deyección (IGM, 2019b).

Subgrupo	%
Sector Norte	
Typic Hapludands	89.73
Thaptic Hapludands	10.27
Sector Centro Sur	
Typic Hapludalfs	49.97
Typic Hapludands	18.42
Inceptic Hapludalfs	13.49
Humic Dystrudepts	5.39
Typic Udorthents	4.32
Ultic Hapludalfs	3.67
Typic Dystrudepts	3.39
Mollic Paleudalfs	3.35
Andic Paleudalfs	2.53
Humic Eutrudepts	1.53

Como ejemplo de los suelos de la zona norte se presenta un perfil del clasificado como Typic Hapludands (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.29** y **Cuadro 2.21**) de poca profundidad (< 50 cm), textura franco arenosa, reacción ligeramente ácida (pH 6.5), alto contenido de materia orgánica (5.9 %) y una saturación de bases del 17.5 % (MIDENA, *et al*., 2013d).

Figura 2.29. Perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (izquierda) ubicado en el sitio San Marcos, Valencia, Los Ríos, en una pendiente del 40 al 70 % (derecha) (MIDENA, *et al*., 2013d).

Cuadro 2.21. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (MIDENA, *et al*., 2013d).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-22	Color en húmedo: negro (10YR 2/1), con moteado pardo amarillento oscuro (10YR 4/6); textura: franco arenosa; estructura: granular a bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.5; materia orgánica: 5.8 %; CIC: 14.0 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 17.5 %.
Bw	22-45	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.9; materia orgánica: 1.8 %; CIC: 13.0 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 9.1 %.
C	45-60	Color en húmedo: pardo (10YR 5/3); textura de campo: franco arenosa; estructura: masiva; fuerte reacción al NaF.
2C	60-72	Color principal en húmedo: pardo (10YR 5/3) y color secundario en húmedo: pardo muy pálido (10YR 7/3); textura de campo: areno francosa; estructura: masiva; fuerte reacción al NaF.
3Ab	72-110	Color principal en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3) y color secundario en húmedo: pardo (10YR 4/3); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 7.3; materia orgánica: 3.1 %.
3Bw	110-120	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franca; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF.

Un ejemplo de un suelo de la zona centro y sur del cono de deyección es el que se presenta en la **Figura 2.30** y en el **Cuadro 2.22.** Este suelo, clasificado como Vertic Haplustalfs (Soil Survey Staff, 2006) tiene poca profundidad efectiva (< 50 cm) debido a que presenta texturas arcillosas a partir de los 55 cm de profundidad, lo que impide la penetración de las raíces. La textura superficial (0-15 cm) es franco arcillosa (36 % de arcilla). Los promedios ponderados de pH, materia orgánica y saturación de bases en los primeros 55 cm son de 6.0, 1.6 % y 54.9 %, respectivamente, condiciones de un suelo de alta fertilidad natural (MIDENA, *et al*., 2013f).

Figura 2.30. Perfil del suelo clasificado como Vertic Haplustalfs (izquierda) ubicado en la hacienda Sibamba, Ventanas, Los Ríos, que tiene una secuencia de horizontes A/Bt/C, sobre el cual está sembrado sandía (*Citrullus lanatus*) (derecha) (MIDENA, *et al*., 2013f).

Cuadro 2.22. Características del perfil del suelo clasificado como Vertic Haplustalfs (MIDENA, *et al*., 2013f).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-15	Color en húmedo: pardo pálido (10YR 7/6); textura: franco arcillosa; estructura: granular a bloques subangulares; sin reacción al NaF; pH: 5.7; materia orgánica: 3.6 %; CIC: 21 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 44 %.
Bt	15-55	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares; sin reacción al NaF; pH: 6.2; materia orgánica: 0.9 %; CIC: 20 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 59 %.
C	55-90	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6); textura: arcillosa; estructura: masiva; sin reacción al NaF; pH: 6.1; materia orgánica: 0.6 %; CIC: 24 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 54 %.

2.2.6.2. Conos de Esparcimiento

Esta unidad se encuentra inmediatamente abajo del relieve de los conos de deyección. Los depósitos aluviales se han esparcido sobre áreas más extensas y han modelado relieves de menor inclinación, con superficies mayoritariamente planas y amplias ondulaciones de pendientes que no superan el 12 %. Conforme el relieve se acerca a la llanura reciente, los depósitos son areno-pedregosos en la parte alta y areno-limosos en la parte baja.

La parte norte de los conos de esparcimiento está recubierta por cenizas volcánicas y el clima húmedo ha permitido que se desarrollen Andisoles desaturados, sin embargo, en climas menos húmedos los suelos son Andisoles saturados. La zona sur de esta unidad, más seca y sin cobertura de ceniza volcánica, presenta suelos areno-limosos con gravas en la parte alta y arcillo-limosos en la parte baja que es la que entra en contacto con la llanura reciente. En esta zona los depósitos no se han envejecido totalmente debido a la edad más reciente de los depósitos y al clima menos húmedo, esta condición ha promovido el desarrollo de arcillas de tipo 2:1 (Winckell y Zebrowski, 1997).

Un suelo característico de la parte septentrional del cono de esparcimiento se presenta en la **Figura 2.31** y en el **Cuadro 2.23.** Este suelo, clasificado como Typic Hapludands (Soil Survey Staff, 2006), presenta buenas características físicas (textura franca dentro de los primeros 36 cm de profundidad) que permiten el laboreo para aprovechamiento agrícola (MIDENA, *et al*., 2013c).

Figura 2.31. Perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (izquierda) ubicado en La Unión Vieja, Valencia, Los Ríos. El suelo presenta una secuencia de horizontes A1/A2/Bw1/Bw2/2Ab/2Bw, evidenciando la presencia de dos eventos de depósito de ceniza volcánica sobre la superficie del cono de esparcimiento. En este relieve de pendiente < 12 % se cultiva generalmente banano (derecha) (MIDENA, *et al*., 2013c).

Cuadro 2.23. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Hapludands (MIDENA, *et al*., 2013c).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A1	0-13	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franca; estructura: granular a bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.9; materia orgánica: 8.8 %; CIC: 37 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 54 %.
A2	13-36	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franca; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.8; materia orgánica: 1.8 %; CIC: 14 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 42 %.
Bw1	36-52	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 7.1; materia orgánica: 0.4 %; CIC: 12 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 50 %.
Bw2	52-72	Color principal en húmedo: pardo amarillento oscuro (2.5Y 6/3) y color secundario en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/6); textura de campo: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF.
2Ab	72-83	Color en húmedo: pardo muy oscuro (10YR 2/2); textura de campo: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares; fuerte reacción al NaF; pH: 6.4; materia orgánica: 1.1 %.
2Bw	83-105	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 3/6); textura de campo: arcillosa; estructura: bloques subangulares; media reacción al NaF.

El perfil de suelo presentado en la **Figura 2.32** y en el **Cuadro 2.24** representa a la parte sur del cono de esparcimiento sin cubrimiento de ceniza volcánica. Este suelo se clasifica como Mollic Udifluvents (Soil Survey Staff, 2006). La textura de los primeros 68 cm de profundidad del perfil varía de arcillosa a franco limosa, pero entre 68 y 100 cm la textura es arenosa (MIDENA, *et al*., 2013b).

Figura 2.32. Perfil del suelo clasificado como Mollic Udifluvents (izquierda) ubicado en una plantación de banano (derecha) en Santa Isabel, El Triunfo, Guayas, que presenta una secuencia de horizontes Ap/AC/2C1/3C2/3C3/3C4 (MIDENA, *et al*., 2013b).

Cuadro 2.24. Características del perfil del suelo clasificado como Mollic Udifluvents (MIDENA, *et al*., 2013b).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-30	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (2.5YR 3/2); textura: arcillosa; estructura: bloques subangulares; densidad aparente: 1.2 g cm^{-3}; pH: 5.5; materia orgánica: 4.9 %; CIC: 30 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 40 %.
AC	30-68	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (2.5 YR 4/2), con moteado pardo amarillento (10YR 5/8); textura: franco limosa; estructura: masiva a bloques subangulares; densidad aparente: 1.2 g cm^{-3}; pH: 7.2; materia orgánica: 0.6 %; CIC: 25 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 90 %.
2C1	68-83	Color en húmedo: pardo oliva (2.5YR 4/3), con moteado pardo fuerte (7.5YR 4/6); textura: arenosa; estructura: grano simple; pH: 7.0; materia orgánica: 0.2 %; CIC: 18 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 97 %.
3C2	83-110	Color en húmedo: gris oscuro (10YR 4/1); textura de campo: areno francosa; estructura grano simple.
3C3	110-120	Color principal en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/3) y color secundario en húmedo: gris oscuro (2.5Y 4/1); textura de campo: areno francosa; estructura grano simple.
2C4	120-130	Color principal en húmedo: gris oscuro (2.5Y 4/1) y color secundario en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 3/4); textura de campo: arena; estructura grano simple.

2.2.7. Relieves sedimentarios y fluvio-marino

Los relieves sedimentarios y fluvio-marinos están localizados en las regiones costaneras centrales de Manabí y la Península de Santa Elena. El desarrollo de estos relieves se debe a la acción directa del mar, a los diferentes procesos marinos relacionados con los eventos de transgresión-regresión marina y por la presencia de depósitos antiguos y recientes que dan lugar a las planicies costeras, cordones litorales y diferentes niveles de mesas marinas. Estos paisajes comprenden las costas medianas y bajas, tienen pequeños acantilados y grandes playas rectilíneas delanteras en los sectores donde se depositaron las diferentes transgresiones cuaternarias localizadas cerca de la ciudad de Manta y en toda la periferia de la península de Santa Elena (**Figura 2.33**) (Winckell y Zebrowski, 1997; Collot, *et al*., 2009). La vegetación característica de la región es herbácea y arbustiva, típica de las zonas de vida de matorral desértico y espinoso tropical. La temperatura media anual supera los 23 °C (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997).

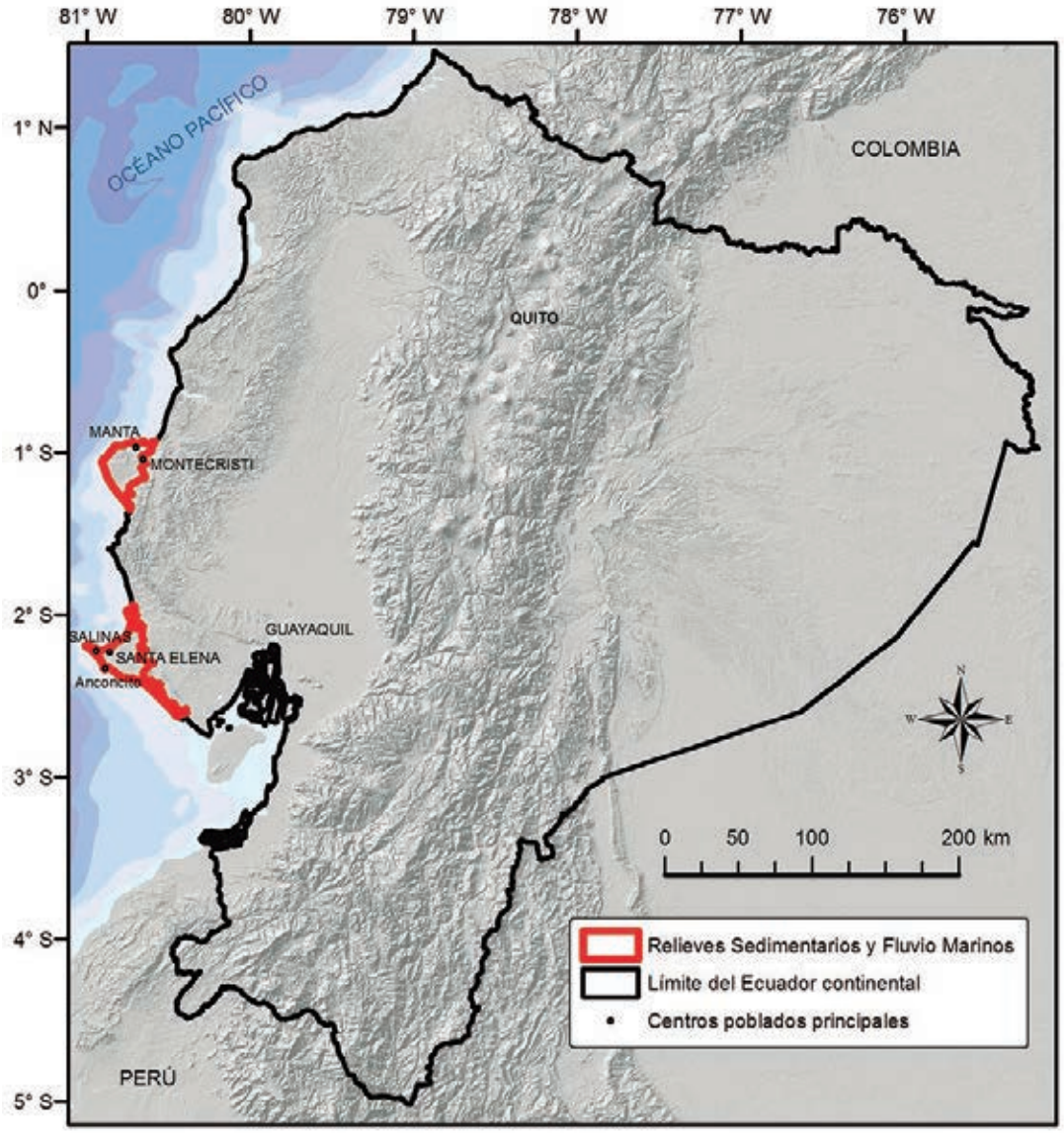

Figura 2.33. Ubicación de los relieves sedimentarios y fluvio-marinos con respecto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell and Zebrowski (1997).

2.2.7.1. Mesas de areniscas calcáreas

Las mesas calcáreas corresponden a las zonas de clima tropical seco a subdesértico que reciben directamente los efectos resecantes de la corriente fría de Humboldt, la precipitación media anual es de 240 mm cerca de la costa, 400 mm tierra adentro y hasta 800 mm en las cimas de las mesas. Esta zona cubre principalmente las mesas litorales encaramadas, onduladas y disectadas en forma desigual ubicadas sobre sedimentos recientes (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997). Estas mesas de arenisca calcárea se extienden en un plano inclinado desde los 80 a 360 m s. n. m. desde la línea costanera hasta el interior llegando hasta Montecristi. La continuidad de todas estas superficies se debe a la existencia de transgresiones marinas recientes que depositaron una sucesión de sedimentos detríticos, probablemente de edad pleistocena, que fueron afectados por la tectónica cuaternaria. Están localizados exactamente en el lugar donde la cordillera submarina de Carnegie entra en colisión con el continente, lo que permitió que los depósitos de estas transgresiones se eleven a altitudes superiores a los 350 m s. n. m. La composición está definida por capas alternas de arenas y areniscas más o menos cimentadas y areniscas calcáreas fosilíferas

entre los cuales hay un conglomerado basal bien cimentado, correspondiente a la formación Tablazo. Sobre las vertientes de las quebradas se alternan formaciones conformadas por afloramientos rocosos sobre bancos más consolidados de areniscas calcáreas compactadas de grano fino a medio, lumaquelas y, en muchos casos, depósitos recientes de arena (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997; Collot, *et al*., 2009).

Los suelos de esta zona son arcillosos, vérticos, moderadamente profundos, con discontinuidad textural de lumaquelas entre los 10 y 50 cm (horizonte superior pobre en arcilla y el subyacente más arcilloso), frecuentemente presentan acumulaciones de carbonato de calcio e inclusive de yeso debido a que el clima del suelo varía de seco a muy seco (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997).

El perfil modal de un suelo representativo de esta zona clasificado como Typic Haplustalfs (Soil Survey Staff, 2006) se presenta en la **Figura 2.34** y se describe en el **Cuadro 2.25.** Morfológicamente presenta un perfil de tipo A/E/Bt/C en el cual se distingue un horizonte álbico sobre un horizonte argílico. Este tipo de suelos se localiza en las geoformas de las superficies de mesas marinas de pendientes < 5 % y se caracteriza por tener un régimen ústico de humedad e isohipertérmico de temperatura (CLIRSEN, *et al*., 2011j).

Figura 2.34. Perfil del suelo Typic Haplustalfs (izquierda) ubicado en Camarones de Arriba, Montecristi, Manabí, en una superficie disectada de mesa marina donde la vegetación es predominantemente seca (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2011d).

Cuadro 2.25. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Haplustalfs (CLIRSEN, *et al*., 2011d).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-8	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: franco limosa; estructura: bloques subangulares; pH: 7.4; materia orgánica: 0.3 %; CIC: 26 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 94 %.
E	8-22	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franco limosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.9; materia orgánica: 0.3 %; CIC: 17 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 91 %.
Bt	22-53	Color en húmedo: gris muy oscuro (10YR 3/1); textura: arcillosa; estructura: prismática; pH: 7.4; materia orgánica: 0.3 %; CIC: 30 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 96 %.
C	53-110	Color en húmedo: pardo amarillento claro (2.5Y 6/3); textura: arcillosa; estructura: masiva; pH: 8.8; materia orgánica: 0.3 %.

2.2.7.2. Franja litoral

Esta zona se localiza en la parte occidental de la península de Santa Elena en planicies y ondulaciones caracterizadas por relieves bastante bajos de colinas sedimentarias arcillosas a areniscosas. Esta península está totalmente expuesta a los efectos desertificadores de la corriente fría de Humboldt e inclusive podría considerarse que la punta de Salinas es la parte final del desierto costanero peruano, en consecuencia, las precipitaciones son muy bajas. Las precipitaciones medias anuales son < 100 mm en Salinas y llegan hasta 400 mm en Playas. Este paisaje, de climas subdesérticos a desérticos costaneros, se divide en tres subpaisajes a) colinas erosionadas del basamento sedimentario, b) ondulaciones bajas de los niveles más recientes y c) depósitos litorales.

Colinas erosionadas del basamento sedimentario

Este tipo de paisajes se localiza en dos sectores bien definidos de la costa ecuatoriana, detrás de la costa de Santa Elena al norte y a cada lado de Ancón al sur. Esta zona se caracteriza por tener relieves < 50 m, con cimas planas truncadas por la abrasión marina cuaternaria, cubiertas o no por depósitos marinos. En general, es un medio con pendientes fuertes (> 40 %), con disección variable y la vegetación escasa y xerofítica no cubre y estabiliza el suelo que en inviernos fuertes se erosiona formando barrancos (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997).

Un suelo característico de esta zona, clasificado como Ustic Haplocalcids (Soil Survey Staff, 2006), se presenta en la **Figura 2.35** y en el **Cuadro 2.26.** Estos suelos de incipiente desarrollo presentan exceso de carbonatos, yeso o sales que limitan drásticamente el desarrollo de la mayoría de los cultivos. La característica principal de estos suelos es la presencia de un horizonte cálcico sobre un petrocálcico donde se han acumulado carbonatos que originan un horizonte duro. El perfil tomado como referencia se encuentra en pendientes medias (12 a 25 %); presenta textura franco arenosa en la superficie como a profundidad y una secuencia de horizontes Ak/ABk/Bwk/Ck1/Ck2. Los colores oscilan entre gris parduzco claro a pardo grisáceo oscuro en los horizontes superiores, en tanto que el horizonte Ck1 es gris parduzco claro. En el horizonte superficial el pH es de 8.7 (CLIRSEN, *et al*., 2012c).

Figura 2.35. Perfil modal de un suelo clasificado como Ustic Haplocalcids (izquierda) ubicado en la vía San Vicente, Santa Elena, en zonas de vertientes de mesa marina de la Formación Tablazo (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2012c).

Cuadro 2.26. Características del perfil del suelo clasificado como Ustic Haplocalcids (CLIRSEN, *et al*., 2012c).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ak	0-20	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) y color en seco: gris parduzco claro (10YR 6/2); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares, con presencia común de fragmentos gruesos del tipo grava gruesa; pH: 8.7; materia orgánica: 0.7 %; CIC: 26 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 95 %.
ABk	20-32	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y color en seco: gris (10YR 6/1); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares, con presencia común de fragmentos gruesos del tipo grava media; pH: 8.8; materia orgánica: 0.3 %; CIC: 28 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Bk	32-52	Color en húmedo: pardo oliva (2.5Y 4/4) y color en seco: pardo oliva claro (2.5Y 5/3); textura de campo: arcillo arenosa; estructura: granular a bloques subangulares, con muchos fragmentos gruesos del tipo grava media; pH: 8.9; materia orgánica: 0.3 %.
Ck1	52-86	Color en húmedo: gris oscuro (2.5Y 4/1) y color en seco: gris parduzco claro (2.5Y 6/2); textura de campo: arena franca; estructura: masiva, porosa, con muchos fragmentos gruesos del tipo grava media.
Ck2	86-115	Color en húmedo: gris parduzco claro (2.5Y 6/2) y color en seco: amarillo pálido (2.5Y 8/2); textura de campo: arena franca; estructura: masiva, porosa, con muchos fragmentos gruesos del tipo grava media.

Ondulaciones bajas de los niveles más recientes

Esta zona está conformada por relieves formados por depósitos marinos cuaternarios no cimentados de arenas finas y gruesas, calcáreas, que contienen un alto porcentaje de gravillas y trozos de conchas. Estos depósitos se alternan con arenas arcillosas y arcillas de color crema a verdoso y lechos areniscos-conglomeráticos ricos en conchas. Estos paisajes pertenecen también a la formación Tablazo y cubren casi la totalidad de la puntilla de Salinas y prosiguen hasta Playas (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997; Collot, *et al*., 2009).

El perfil de un suelo representativo de esta zona se presenta en la **Figura 2.36** y en el **Cuadro 2.27.** Este suelo, ubicado en pendientes medias (< 25 %), está clasificado como Typic Haplocalcids (Soil Survey Staff, 2006), presenta exceso de sales, condición que limita el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Morfológicamente, el suelo presenta los horizontes A/Bw/BCk/Ck1/Ck2. El horizonte A tiene textura franco arcillo arenosa, el Bw franco arcillo arenosa y el BCk franco arenosa, es decir, las texturas más gruesas aparecen a profundidad (CLIRSEN, *et al*., 2011f).

Figura 2.36. Perfil del suelo clasificado como Typic Haplocalcids (izquierda) ubicado en el sitio Voluntad de Dios, La Libertad, Santa Elena, en una ondulación baja de niveles más recientes. El sitio se caracteriza por tener vegetación de clima muy seco (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2011f).

Cuadro 2.27. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Haplocalcids (CLIRSEN, *et al*., 2011f).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-10	Color en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3) y color en seco: pardo grisáceo (10YR 5/2); textura: franco arcillo arenosa; estructura: bloques subangulares; pH: 8.2; materia orgánica: 2.1 %; CIC: 27 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 95 %.
Bw	10-26	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3) y color en seco: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franco arcillo arenosa; estructura: bloques subangulares; pH: 8.4; materia orgánica: 0.1 %; CIC: 25 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 94 %.
BCk	26-45	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/6) y color en seco: pardo amarillento claro (10YR 6/4); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; pH: 8.5; materia orgánica: 0.3 %; CIC: 25 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 94 %.
Ck1	45-65	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/6) y color en seco: pardo amarillento (10YR 5/4); textura: franco arenosa; estructura: masiva, porosa; pH: 8.2; materia orgánica: 0.1 %.
Ck2	65-105	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/6) y color en seco: amarillo pálido (2.5Y 7/4); textura de campo: franco areno francosa; estructura: masiva, porosa.

Depósitos litorales

Esta zona corresponde a los depósitos marinos cuaternarios arenosos y a los depósitos salinos marinos calcáreos de limos y arcillas que contienen numerosos residuos de conchas. Los depósitos están localizados en playas, cordones litorales y rellenos de lagunas detrás de los cordones. Las playas y los cordones litorales están constituidos por arenas finas y muy finas, muchas veces movilizadas por el viento. Las lagunas interiores están constituidas comúnmente por depósitos variados de tipo arcilloso a arcillo-limoso. Los fenómenos eólicos que se presentan sobre el contorno de las costas, especialmente sobre el litoral sur, son promovidos por los fuertes vientos provenientes del océano que removilizan los depósitos arenosos actuales y antiguos formando dunas (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997).

Los suelos de estas playas emergidas y cordones litorales se clasifican como Typic Torripsamments (**Figura 2.37** y **Cuadro 2.28**) (Soil Survey Staff, 2006), muestran muy poca o ninguna evidencia de desarrollo pedogenético, están localizados en pendientes suaves (5 al 12 %), tienen textura arenosa y, en consecuencia, el drenaje es excesivo (CLIRSEN, *et al*., 2011a).

Figura 2.37. Perfil del suelo clasificado como Typic Torripsamments (izquierda) ubicado en la playa de la Lotización Caracoles, Manta, Manabí (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2011e).

Cuadro 2.28. Características el perfil del suelo clasificado como Typic Torripsamments (CLIRSEN, *et al*., 2011e).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
C1	0-70	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (2.5YR 4/2) y color en seco: pardo grisáceo (2.5Y 5/2); textura: arena; estructura: grano simple; pH: 8.2; materia orgánica: 0.1 %; CIC: 25 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 96 %.
C2	70-130	Color en húmedo: pardo grisáceo (2.5Y 5/2); textura: arena; estructura: grano simple.

2.2.8. Cuenca del Progreso

Esta es una zona de subsidencia ubicada en el triángulo que forma la cordillera de Chanduy-Playas al oeste y suroeste y la cordillera costanera de Chongón y Colonche al norte. Ocupa la mitad oriental de la península de Salinas y en ella se incluye la isla Puná, ubicada inmediatamente al sureste de la península, en el eje del estuario del delta del río Guayas, isla que mantiene la continuidad de los rasgos estructurales mayores de la cuenca (**Figura 2.38**). En general, esta cuenca está formada por relieves de origen estructural-sedimentario del periodo terciario alrededor de un eje noroeste y sureste y altitudes entre 50 y 200 m s. n. m. que han sido rellenadas por sedimentos oligo-miocenos más recientes a medida que se desplaza hacia el centro este de la cuenca. Aquí se pueden observar modelados que van de planos a ligeramente ondulados en el contorno oriental, así como relieves vigorosos y vestigios de relieves monoclinales (cuestas y mesas) de conglomerados de areniscas y arcillas, además de depresiones arcillo-gravosas ubicados al oeste (MAG y ORSTOM, 1978; Winckell y Zebrowski, 1997).

El clima de la cuenca de El Progreso se caracteriza por tener precipitaciones medias anuales que varían de 400 mm al oeste a 1 000 mm al este. De igual manera, en dirección de oeste a este, los días de lluvia cambian de 20 a 80, el número de meses secos de 12 a 9, el déficit hídrico anual de 1 000 a 750 mm y la temperatura media anual está sobre los 22 ° C. Tomando en cuenta lo anterior, en esta zona se pueden diferenciar los siguientes regímenes climáticos: a) áridos al oeste y suroeste; b) muy secos en la corona interior; c) secos al noreste; y d) húmedos en los altos relieves que están cubiertos por nubosidad que produce garúa. El clima de la isla Puná es muy seco (MAG y ORSTOM, 1978; Winckell y Zebrowski, 1997; CLIRSEN, *et al*., 2011c; CLIRSEN, *et al*., 2012a).

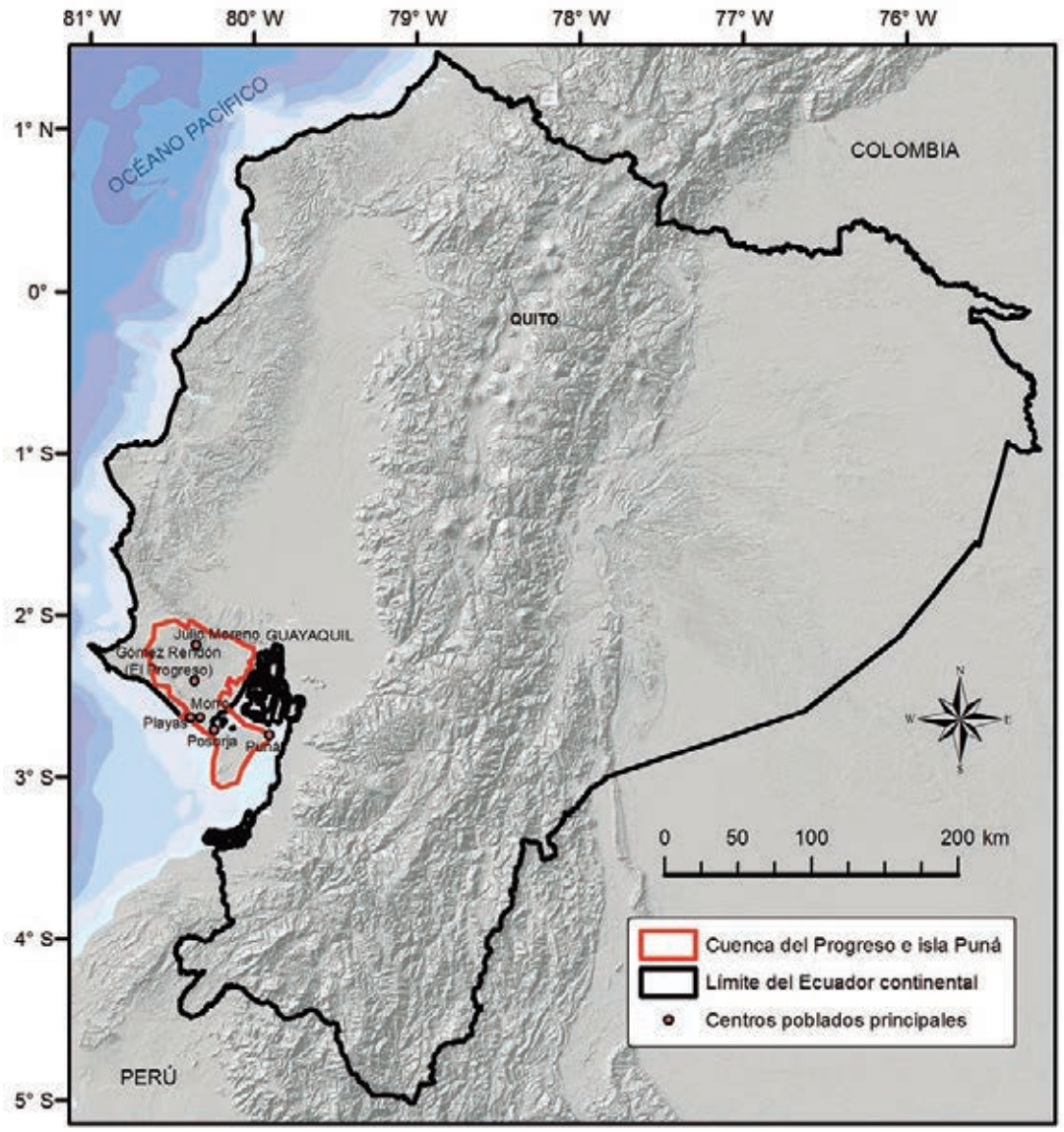

Figura 2.38. Ubicación de la cuenca del Progreso, respecto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell and Zebrowski (1997).

Los suelos de esta unidad están influenciados por tres factores de formación: a) clima seco, factor predominante que hace que las reacciones físicas y químicas sean menos intensas que en las zonas húmedas favoreciendo la formación de materiales arcillosos tipo 2:1, la acumulación de bases y la frecuente acumulación de carbonatos y yeso; b) material parental que influye en el tipo de minerales que heredan los suelos, por ejemplo, el alto nivel de potasio (K^+) de estos suelos se debe a los feldespatos y micas presentes en las rocas de esta zona; y c) relieve, los suelos son más jóvenes mientras más accidentado sea el relieve debido a que están expuestos a constante erosión (MAG y ORSTOM, 1978; Mejía, 1997).

Históricamente, la cuenca del Progreso, llamada también Gómez-Rendón, no ha sido una zona de explotación agrícola importante por las restricciones del clima, particularmente las bajas precipitaciones. Son comunes cultivos de subsistencia [(maíz (*Zea mays*) y maní (*Arachis hypogaea*)] localizados alrededor de los pueblos y la ganadería extensiva, especialmente de caprinos, que utilizan las zonas cubiertas de vegetación natural como área de pastoreo (Winckell y Zebrowski, 1997). Al momento, el trasvase de agua Chongón – San Vicente provee de agua a la zona y pequeños productores asociados producen cultivos como maíz (*Zea mays*), melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrullus lanatus*), frejol (*Phaseolus vulgaris*) y pimiento (*Capsicum annuum*) en una superficie de > 4 000 ha (MAGAP, 2014).

2.2.8.1. Relieves bajos

Esta unidad tiene relieves monótonos de planos a suavemente ondulados, con cimas anchas redondeadas y poco marcadas donde predominan los materiales limo-arcillosos y arcillosos sobre los que se han desarrollado suelos clasificados como Vertisoles (MAG y ORSTOM, 1978; Winckell y Zebrowski, 1997). El perfil modal de este suelo, clasificado como Aridic Haplusterts (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.39** y **Cuadro 2.29**), se caracteriza por presentar grietas, caras de deslizamiento (*slickensides*) y alto contenido de arcilla tipo 2:1, la profundidad efectiva es de solamente 40 cm, el pH es ligeramente inferior a 7 en el primer horizonte, pero aumenta a profundidad y presenta baja actividad microbiana, debido al bajo contenido de materia orgánica (0.7 %) y humedad (MAG y ORSTOM, 1978; Mejía, 1997; Winckell y Zebrowski, 1997; CLIRSEN, *et al*., 2010a).

Figura 2.39. Perfil del suelo clasificado como Aridic Haplusterts (izquierda), ubicado en San Lorenzo, El Morro, Guayas, con una secuencia de horizontes Ass1/Ass2/Ck1/Ck2 en un relieve ondulado (pendiente < 12 %) (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2011i).

Los suelos de esta zona son fértiles, pero la falta de agua ha sido la principal limitante para la agricultura que se puede desarrollar con la utilización de riego (Mejía, 1997). Al momento, la disponibilidad de agua entregada por el transvase Chongón – San Vicente ha permitido utilizar esta zona con agricultura de alta producción (Empresa Pública del Agua, 2014).

Cuadro 2.29. Características del perfil del suelo clasificado como Aridic Haplusterts (CLIRSEN, *et al*., 2011i).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ass1	0-14	Color en seco: gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura: franco arcillo arenosa; estructura: granular a bloques subangulares; densidad aparente: 1.6 g cm^{-3}; pH: 6.7; materia orgánica: 0.7 %; CIC: 36 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 99 %.
Ass2	14-40	Color en seco: gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura: franco arcillo arenosa; estructura: masiva a bloques subangulares; pH: 7.6; materia orgánica: 0.4 %; CIC: 36 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Ck1	40-75	Color en seco: gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura: franco arcillosa; estructura: masiva; pH: 8.4; materia orgánica: 1.9 %; CIC: 36 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
Ck2	75-105	Color en seco: gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura: franco arcillosa; estructura: masiva; pH: 7.9.

2.2.8.2. Relieves altos

Los relieves altos están formados de areniscas y conglomerados con altitudes que no sobrepasan los 275 m s. n. m. (Winckell y Zebrowski, 1997). Los suelos de esta zona son poco evolucionados debido a que los procesos erosivos son superiores a los procesos de pedogénesis y, por esta razón, se caracterizan por tener un perfil poco profundo como lo evidencia el perfil modal que se presenta en la **Figura 2.40** y en el **Cuadro 2.30.** Este suelo, clasificado como Typic Ustorthents (Soil Survey Staff, 2006), presenta un estrato rocoso ligeramente meteorizado a menos de 40 cm de profundidad. La textura superficial es franco arenosa y de color pardo oscuro (10YR 3/3). Desde el punto de vista químico, el suelo tiene pH neutro, muy bajo contenido de materia orgánica (0.7 %), alta CIC (26 cmol kg^{-1}) y alto porcentaje de saturación de bases (95 %) (CLIRSEN, *et al*., 2012b). Son suelos que tienen poco espacio para el desarrollo radicular debido que están ubicados en pendientes medias a fuertes, es decir, son susceptibles a procesos erosivos, razón por la cual no son utilizados para la agricultura (CLIRSEN, *et al*., 2012a).

Figura 2.40. Perfil del suelo clasificado como Typic Ustorthents (izquierda), con una secuencia de horizontes A/AC/C, ubicado en El Azúcar, Santa Elena, Santa Elena. El sitio se localiza en un relieve colinado medio (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2012b).

Cuadro 2.30. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Ustorthents (CLIRSEN, *et al*., 2012b).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Color en húmedo: pardo oscuro (10YR 3/3); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares, con presencia común de fragmentos gruesos de tipo piedras; pH: 7.0; materia orgánica: 0.7 %; CIC: 26 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 95 %.
AC	15-40	Color en húmedo: pardo amarillento oscuro (10YR 4/4); textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares, con presencia común de fragmentos gruesos del tipo piedras; pH: 7.0; materia orgánica: 0.4 %.
C	40-100	Color en húmedo: pardo amarillento (10YR 5/6); textura en campo: areno francosa; estructura: roca; pH en campo: 6.8; materia orgánica: 0.4 %.

2.2.8.3. Grandes glacis de esparcimiento

Esta unidad corresponde a los glacis muy disectados que se localizan principalmente alrededor del gran cerro de Chanduy-Playas, sitio donde se dibuja una corona bastante regular y continua que baja progresivamente desde los 100-80 m s. n. m. hasta entrar en contacto con los relieves bajos. Estos glacis están

compuestos de materiales coluvio-aluviales esparcidos sobre los cuales se desarrollaron suelos fersialíticos y pedregosos de matriz areno-arcillosa, rojiza que presentan una marcada cimentación ferruginosa secundaria que debió desarrollarse en condiciones climáticas diferentes a las actuales, ya que se necesita de un clima más húmedo para la liberación, circulación y cristalización de los óxidos metálicos (MAG y ORSTOM, 1978; Winckell y Zebrowski, 1997).

El perfil de un suelo representativo de esta zona se presenta en la **Figura 2.41** y en el **Cuadro 2.31.** Este suelo se clasifica como Sodic Haplocambids (Soil Survey Staff, 2006). La profundidad efectiva es de 22 cm. Según el promedio ponderado de los dos primeros horizontes, existe un bajo nivel de materia orgánica (0.1 %), 34 cmol kg^{-1} de CIC y un alto porcentaje de saturación de bases (93 %) (CLIRSEN, *et al.*, 2011g). En estos suelos es casi imposible la producción agrícola por el clima muy seco y la extrema salinidad del suelo (~ 20 dS m^{-1}).

Figura 2.41. Perfil del suelo clasificado como Sodic Haplocambids (izquierda) ubicado en Cerro El Morro, Guayaquil, Guayas, con una secuencia de horizontes A/C1/C2/2C3/3C4/4C5. El sitio está ubicado en un valle fluvial (derecha) (CLIRSEN, *et al.*, 2011g).

Cuadro 2.31. Características del perfil del suelo clasificado como Sodic Haplocambids (CLIRSEN, *et al.*, 2011g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-22	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), con moteados de color pardo fuerte (7.5 YR 5/6) y color en seco: pardo fuerte (7.5YR 5/6); textura: franco limosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.6; CE: 20 dS m^{-1}; materia orgánica: 1.5 %; CIC: 38 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 98 %.
C1	22-40	Color en húmedo: gris muy oscuro (10YR 3/1); textura: franco arcillosa; sin estructura (masiva); pH: 7.1; CE: 20 dS m^{-1}; materia orgánica: 0.3 %; CIC: 29 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 97 %.
C2	40-51	Color en húmedo: gris muy oscuro (2.5Y 3/1); textura: franco arcillosa; sin estructura (masiva); pH: 7.2; CE: 17 dS m^{-1}; materia orgánica: 0.3 %; CIC: 30 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 96 %.
2C3	51-64	Color en húmedo: negro (5Y 2.5/2); textura: franco arcillo arenosa; sin estructura (masiva); pH: 7.7; CE: 18 dS m^{-1}; materia orgánica: 0.1 %.
3C4	64-82	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2); textura: franco arenosa; sin estructura (masiva); pH: 7.2; CE: 17 dS m^{-1}; materia orgánica: 0.1 %.
4C5	82-110	Color en húmedo: gris muy oscuro (5Y 3/1); textura: franco arcillosa; sin estructura (masiva); pH: 7.6; CE: 17 dS m^{-1}; materia orgánica: 0.3 %.

2.2.9. Cordillera Chongón Colonche

La cordillera Chongón Colonche, una estructura en forma de arco, se extiende desde el Membrillal hasta Guayaquil (**Figura 2.42**), constituyéndose en el macizo más importante e imponente de la costa con su punto más alto a 830 m s. n. m. Los relieves más altos (macizos disectados) se asientan sobre afloramientos volcánicos y volcánico-sedimentarios, mientras que los relieves monoclinales, más o menos erguidos, se desarrollaron sobre los estratos sedimentarios asociados con modelados suaves, abruptos y zonas fuertemente disectadas. Lo anterior explica la disimetría marcada de la cordillera, la falda sur es bastante disectada y tiene una pendiente empinada mientras que la vertiente noreste consiste en una sucesión de relieves monoclinales suavemente inclinados (Winckell y Zebrowski, 1997). La gradiente altitudinal influye marcadamente en el clima de esta unidad. En las zonas bajas, la precipitación media anual es inferior a los 500 mm (10 a 12 meses secos), mientras que, en las partes altas, la precipitación es del orden de 1 000 mm (4 a 8 meses secos). Asimismo, existe un fuerte contraste entre las dos extremidades de la cordillera, en el cuerno norte, cercano a la costa, las condiciones son más secas (400 mm de precipitación media anual), mientras que en el cuerno sur la precipitación es cercana a 1 000 mm. La zona tiene una temperatura media anual de 25 °C, con una diferencia de 3 °C entre las temperaturas medias mensuales extremas (Winckell y Zebrowski, 1997).

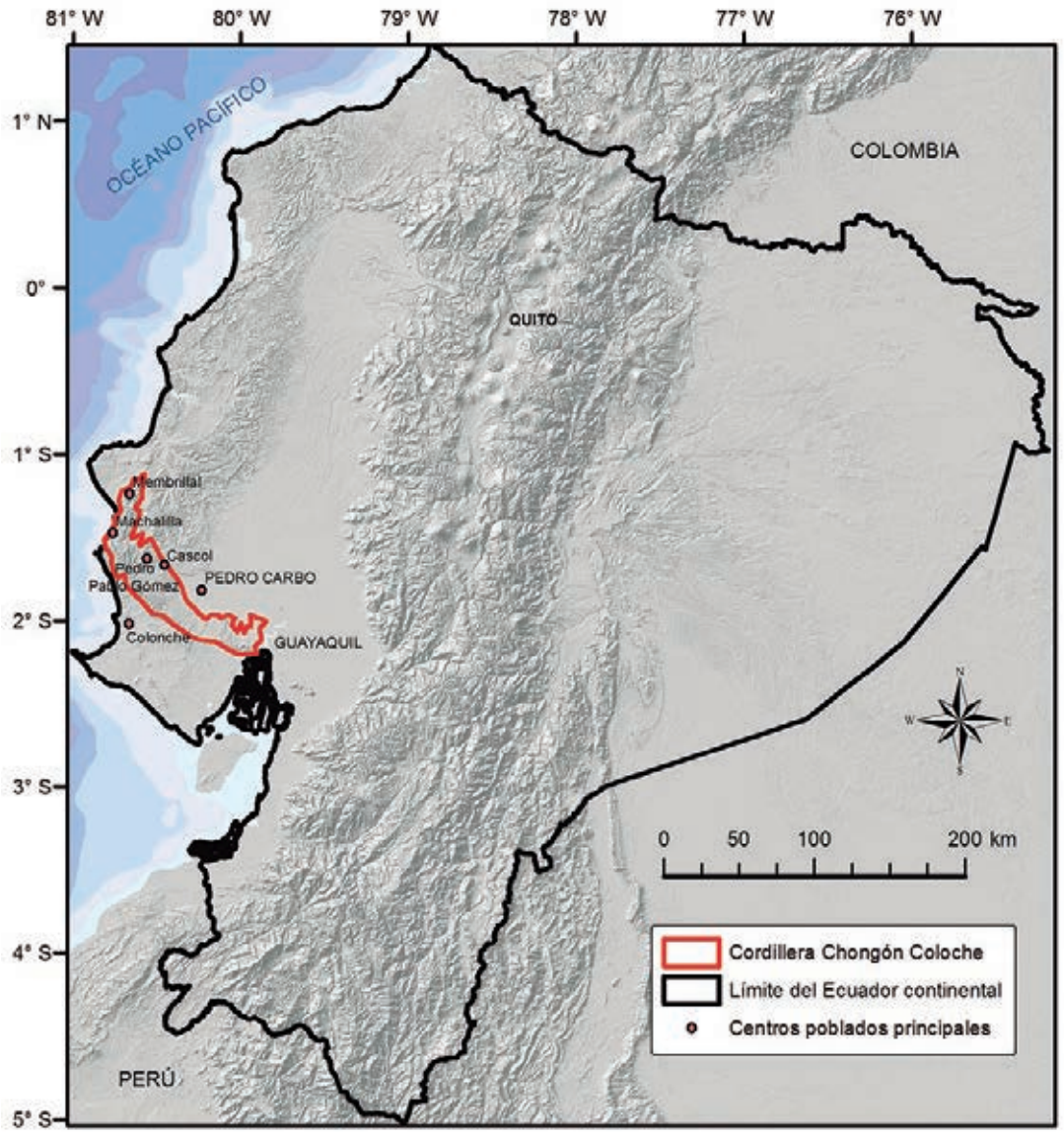

Figura 2.42. Ubicación de la cordillera Chongón Colonche con respecto al Ecuador continental. Adaptado de Winckell and Zebrowski (1997).

En esta zona no existe producción agropecuaria significativa debido a los relieves de fuertes pendientes, la compacidad de sus modelados y, en general, por la presencia de suelos poco profundos y severas condiciones de sequía. Las zonas secas se aprovechan para el pastoreo ambulante de bovinos, caprinos y ovinos. Los paisajes más elevados y de clima más húmedo se utilizan para el cultivo marginal de cítricos (*Citrus* sp.) y café (*Coffea arabica*). En las partes planas y de modelados moderados se desarrolla la mayor actividad agropecuaria de la zona con cultivos como café, banano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*) y cítricos que se han asociado con la producción de ganado bovino (Winckell y Zebrowski, 1997). Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado la producción de cacao y café mediante el trabajo comunal de los agricultores de la zona (Bonifaz, *et al*., 2004; ACBIO, 2012).

Debido a esta diversidad de relieves y la disposición particular de los diferentes paisajes, en esta cordillera se diferencian, en forma general, cuatro grandes conjuntos de suelos: a) relieves poco profundos, generalmente sobre roca; b) relieves altos; c) relieves bajos; y d) áreas aluviales.

2.2.9.1. Suelos poco profundos, generalmente sobre rocas

Los suelos de esta zona, en el corazón de la cordillera, se desarrollaron sobre rocas volcánicas antiguas (lavas básicas, tobas, brechas) que reaparecieron por severos movimientos tectónicos que provocaron grandes fallas en el relieve. Estas rocas tienen gran resistencia a la meteorización y, además, como están localizadas en zonas secas y muy secas solo alcanzan a desarrollar alteraciones poco profundas, arcillo-pedregosas, con numerosos afloramientos de bloques rocosos en superficie (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997).

Un perfil de un suelo característico de esta zona, clasificado como Typic Haplusterts (Soil Survey Staff, 2006), se presenta en la **Figura 2.43** y en el **Cuadro 2.32.** El suelo está ubicado en una superficie con pendiente general del 25-40 %, con un régimen de humedad y temperatura del suelo caracterizado como ústico e isohipertérmico, respectivamente. Morfológicamente, el perfil del suelo es tipo A/ACss. La textura superficial es franco arcillosa. El suelo se caracteriza por presentar grietas profundas y caras de deslizamiento o fricción (slickensides) relacionadas con el alto contenido de arcilla 2:1 (principalmente montmorillonita). El pH del suelo, en el primer horizonte, es de 7.7, con un contenido de materia orgánica de 4.0 %, saturación de bases del 96 % y CIC de 35 cmol kg^{-1} (CLIRSEN, *et al*., 2010f).

Figura 2.43. Perfil del suelo clasificado como Typic Haplusterts ubicado en Sabanilla, Pedro Carbo, Guayas, donde predomina vegetación seca (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2010f).

Cuadro 2.32. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Haplusterts (CLIRSEN, et al., 2010f).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-11	Color en seco: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franco arcillosa; muchos fragmentos del tipo grava gruesa; pH: 7.7; materia orgánica: 4.0 %; CIC: 35 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 96 %.
ACss	11-55	Color en seco: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: de campo arcillosa y muchos fragmentos del tipo grava gruesa.

2.2.9.2. Relieves altos

Son los relieves más imponentes y altos de la cordillera derivados y constituidos por el complejo volcano-sedimentario de areniscas, grauvacas, facies silíceas intercaladas de lava y de pillow-lavas (Formación Cayo) que terminan en la parte superior por las series silicificadas y cherts de la Formación Guayaquil. Los macizos centrales, con los puntos más elevados de la cordillera (entre 500 y 800 m s. n. m.) se caracterizan por presentar grandes vertientes rectilíneas, pendientes fuertes a muy fuertes (> 70 %) en la parte norte, mientras que la totalidad de la falda suroccidental está constituida por relieves vigorosos, cuyas altitudes se elevan de 200 m s. n. m. hasta culminar a 830 m s. n. m. Estos relieves constituyen un verdadero frente montañoso que bloquea la circulación atmosférica, generando precipitaciones orográficas que han alterado la roca formando suelos con características móllicas, con régimen de humedad údico, que colindan con afloramientos rocosos y pedregosos (Winckell y Zebrowski, 1997; Zebrowski y Sourdat, 1997).

Debido a las condicionantes ambientales antes citadas, el perfil modal representativo de esta zona corresponde a un suelo clasificado como Typic Hapludolls (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.44** y **Cuadro 2.33**). Este suelo está localizado en una pendiente fuerte, caracterizado por ser poco profundo (45 cm) y por tener textura franca dentro de los primeros 10 cm de profundidad. El régimen de humedad del suelo es údico y el de temperatura isohipertérmico. Morfológicamente, presenta una secuencia de horizontes del tipo A/AB/Bw/C/Cr (MIDENA, *et al*., 2012a).

Figura 2.44. Perfil del suelo clasificado como Typic Hapludolls (izquierda) ubicado en El Tamarindo, Puerto López, Manabí. El sitio muestra relieves altos con fuertes pendientes (derecha) (MIDENA, *et al*., 2012a).

Cuadro 2.33. Características del perfil del suelo clasificado como Typic Hapludolls (MIDENA, *et al*., 2012a).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-10	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y color en seco: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franca; estructura: granular a bloques subangulares; pH: 7.5; materia orgánica: 4.5 %.
AB	10-20	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y color en seco: pardo (10YR 5/3); en húmedo; textura: franco arenosa; estructura: bloques subangulares; pH: 7.6; materia orgánica: 3.2 %.
Bw	20-45	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y color en seco: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2); textura: franca; estructura: bloques subangulares; pocos fragmentos gruesos de tipo grava fina; pH: 8.1; materia orgánica: 2.3 %; CIC: 50 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 94 %.
C	45-75	Color en húmedo: pardo grisáceo (10YR 5/2) y color en seco: pardo pálido (10YR 6/3); textura de campo: franco arenosa; sin estructura (masiva).
Cr	75-110	Color en húmedo: pardo oliva (2.5Y 4/4) y color en seco: amarillo oliva (2.5 Y 6/6); textura de campo: franco arenosa; estructura: estratificada.

2.2.9.3. Relieves bajos

Los suelos de los relieves bajos están ubicados en las colinas muy suaves, con desnivel relativo entre 15 a 25 m, formadas a partir de arcillas arenosas y limolitas, más o menos cementadas, que se extienden en una aureola de relieves generalmente ubicados entre los 40 y 80 m s. n. m. cerca de la llanura y que luego se elevan progresivamente hasta los 80-100 m s. n. m. al norte de Pedro Carbo y 200 m s. n. m. en Cascol. Estos paisajes de colinas deprimidas y paisajes ondulados, localizados por debajo de los relieves sedimentarios terciarios de cuestas areniscosas y de conglomerados de la cordillera, presentan vertientes suaves convexo-cóncavas y cimas rebajadas, anchas y aplanadas con pendientes entre 12 a 25 %. Las alteraciones de la roca sobre estos relieves monótonos muy suaves han desarrollado suelos arcillosos a arcillo-limosos, medianamente profundos, puesto que el clima es relativamente seco (Winckell y Zebrowski, 1997; CLIRSEN, *et al*., 2011b).

Un perfil modal propio de estos relieves de colinas bajas es el del suelo clasificado como Calcic Haplusterts (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.45** y **Cuadro 2.34**), de régimen de humedad ústico y de temperatura isohipertérmico. Los horizontes tienen una secuencia Ap/Bss/Bk/C. En los primeros 32 cm de profundidad el pH es de 7.6, la materia orgánica de 2.1 %, la CIC de 30 cmol kg^{-1} y la saturación de bases del 94 % (CLIRSEN, *et al*., 2010g).

Figura 2.45. Perfil del suelo clasificado como Calcic Haplusterts (izquierda), ubicado en El Cadecito, Pedro Carbo, Guayas, en un relieve colinado medio (pendiente local < 8 %) (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2010g).

Cuadro 2.34. Características del perfil del suelo clasificado como Calcic Haplusterts (CLIRSEN, *et al*., 2010g).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-32	Color en húmedo: negro (10YR 2/1) y color en seco: pardo gris rojizo oscuro (10R 3/1); textura: franco arcillosa; estructura: bloques subangulares, con muy pocos fragmentos gruesos tipo piedras; pH: 7.6; materia orgánica: 2.1 %; CIC: 30 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 95 %.
Bss	32-70	Color en húmedo: pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura: arcillosa; estructura: columnar, con muy pocos fragmentos gruesos tipo piedras; pH: 7.2; materia orgánica: 1.2 %; CIC: 30 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 97 %.
Bk	70-92	Color en húmedo: amarillo parduzco (10YR 6/8); textura: franco arcillosa; estructura; masiva, con muy pocos fragmentos gruesos tipo piedras; pH: 7.6; materia orgánica: 0.9 %; CIC: 30 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 96 %.
C	92-103	Color en húmedo: amarillo parduzco (10YR 6/8); textura franco limosa; estructura: masiva a desmenuzable, con muy pocos fragmentos gruesos tipo piedras; pH: 7.8; materia orgánica: 0.9 %.

2.2.9.4. Medio aluvial

Los suelos de las áreas aluviales corresponden a los valles fluviales con complejos de terrazas (baja, medias y altas), ubicados principalmente entre la parte baja de la cordillera y el contacto con la llanura aluvial reciente al sureste de Pedro Carbo. Tienen suelos de textura variable, generalmente limosos aguas arriba de los valles y más arcillosas aguas abajo donde se utilizan para pastos y cultivos de plátano, maíz y yuca (*Manihot esculenta*), pero actualmente se han desarrollado los cultivos de cacao y café con las comunas de la región (Bonifaz, *et al*., 2004; ACBIO, 2012).

Un perfil modal característico pertenece a un suelo clasificado como Vertic Ustifluvents (Soil Survey Staff, 2006) (**Figura 2.46** y **Cuadro 2.35**) localizado en un valle fluvial de depósitos aluviales con pendientes del 2 al 5 %. Este suelo tiene un régimen de humedad ústico y régimen isohipertérmico de temperatura. Morfológicamente, presenta un perfil con secuencia de horizontes A/C/2Ab/2C/3Ab. La textura en la superficie es franco limosa y arcillosa a profundidad. Los colores van de pardo grisáceo, en el primer horizonte, a pardo y a gris muy oscuro, en los dos siguientes horizontes, respectivamente. El pH del primer horizonte (0-25 cm) es de 6.9, la materia orgánica de 2.7 %, la saturación de bases del 91 % y la CIC de 28 cmol kg^{-1} (CLIRSEN, *et al*., 2010b).

Figura 2.46. Perfil del suelo clasificado como Vertic Ustifluvents (izquierda), ubicado en El Paraíso, Pedro Carbo, Guayas (derecha) (CLIRSEN, *et al*., 2010b).

Cuadro 2.35. Características del perfil del suelo clasificado como Vertic Ustifluvents (CLIRSEN, *et al.*, 2010b).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-25	Color en húmedo: pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), con moteado pardo amarillento (10YR 5/6) y color en seco: pardo grisáceo (10YR 5/2); textura: franco limosa; estructura: bloques subangulares; pH: 6.9; materia orgánica: 2.7 %; CIC: 28 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 91 %.
C	25-30	Color en húmedo: pardo (10YR 4/3), con moteado pardo fuerte (7.5YR 4/6); textura: franco limosa; estructura: laminar; pH: 6.4; materia orgánica: 2.2 %; CIC: 24 cmol kg^{-1}; saturación de bases: 95 %.
2Ab	30-40	Color en húmedo: gris muy oscuro (7.5YR 3/1), con moteado pardo fuerte (7.5YR 5/8); textura: de campo arcillosa; estructura: bloques subangulares y presencia común de revestimientos de manganeso.
2C	40-55	Color en húmedo: pardo grisáceo (10YR 5/2), con moteado pardo fuerte (7.5YR 5/8); textura de campo: arcillo limosa; estructura: laminar.
3Ab	55-65	Color en húmedo: principal pardo gris muy oscuro (7.5YR 3/1), con moteado pardo fuerte (7.5YR 4/6); textura de campo: arcillosa; estructura: masiva a bloques subangulares y presencia común de revestimientos de manganeso.

2.3. Referencias Bibliográficas

ACBIO. 2012. Plan de acción del biocorredor Chongón Colonche. FIDES, SGP, GEF, UNDP. Guayaquil, Ecuador.

Alto, K. and W. Miller. 1999. Sedimentology of the Pliocene Upper Onzole Formation, an inner-trench slope succession in northwestern Ecuador. Journal of South American Earth Sciences 12: 69-85.

Bonifaz, C., R. Elao, M. Santos, J. Avilés y X. Cornejo. 2004. Plan general de manejo del bosque protector de la cordillera Chongón Colonche. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

CLIRSEN, SENACYT, MAGAP y SIGAGRO. 2009a. Memoria técnica de suelos del cantón Colimes. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales en la cuenca del río Guayas escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kEqdbX

CLIRSEN, SENACYT, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009b. Memoria técnica de suelos del cantón Babahoyo. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales en la cuenca del río Guayas escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lVIv8Q

CLIRSEN, SENACYT, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009c. Memoria técnica de suelos del cantón Samborondón. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales en la cuenca del río Guayas escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kRWBrA

CLIRSEN, SENACYT, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009d. Memoria técnica de suelos del cantón Vinces. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales en la cuenca del río Guayas escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lWmCpO

CLIRSEN, SENACYT, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009e. Panorámica del perfil CG4-P009. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lUIkdY

CLIRSEN, SENACYT, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009f. Perfil CG2-P029. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lW6YL8

CLIRSEN, SENACYT, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009g. Perfil CG2-P035. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2koxV9X

CLIRSEN, SENACYT, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009h. Perfil CG3-P045. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kooW8B

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011a. Memoria técnica de geopedología del cantón Salinas. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kQzmOs

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011b. Memoria técnica de geopedología y amenazas geológicas del cantón Pedro Carbo. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1 : 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kTnFqh

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011c. Memoria técnica de geopedología y amenazas eológicas del cantón Pedro Carbo. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1 : 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lYkBtd

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011d. Perfil CG1-P180. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lW7vN8

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011e. Perfil CG3-P146. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2moIZEF

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011f. Perfil CG3-P193. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2m1dD6E

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011g. Perfil CG4-P228. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2moM1Zy

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011h. Perfil CG5-P171. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kEr5xf

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011i. Perfil CG6-P173. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lXKtFL

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2012a. Memoria técnica de geopedología del cantón Santa Elena. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional scala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lVJm9y

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2012b. Perfil PN2-P004. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kozsNf

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2012c. Perfil PN8-P011. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2mpwxEN

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2011j. Memoria técnica de la geopedología del cantón Montecristi. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2mk0rKk

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2009i. Memoria técnica de clima e hidrología. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales en la cuenca del río Guayas escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2mpuf8F

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010a. Memoria técnica de clima, hidrología y amenazas hidrometeorológicas. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lYkbTF

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010b. Perfil CG1-P092. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lYkkXd

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010c. Perfil CG1-P109. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. ttps://bit.ly/2mnBcHc

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010d. Perfil CG1-P115. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2krkfuT

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010e. Perfil CG2-P061. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2m39Buv

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010f. Perfil CG4-P129. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lWnivm

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010g. Perfil CG5-P097. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. ttps://bit.ly/2krAlEM

CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP y SIGAGRO. 2010h. Perfil CG6-P115. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. CLIRSEN. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2krkfuT

Collot, J., F. Michaud, A. Alvarado, B. Marcaillou, M. Sosson, G. Ratzov, *et al*. 2009. Visión general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador-Sur de Colombia: implicaciones sobre a transferencia de masa y la edad de la subducción de la Cordillera de Carnegie. In: Comisión Nacional del Derecho del Mar (CNDM) (ed) Geología y geofísica marina y terrestre del Ecuador desde la costa continental hasta las islas Galápagos. CNDM-IRD-INOCAR. Guayaquil, Ecuador.

Empresa Pública del Agua. 2014. Trasvase desde canal Chongón - sube y baja a la presa San Vicente en el cantón Santa Elena de la provincia de Santa Elena. EPA. Guayaquil, Ecuador.

Huttel, C. 1997. Las grandes regiones climáticas y sus formaciones vegetales naturales En: A. Winckell, R. Marocco, T. Winter, C. Huttel, P. Pourrut, C. Zebronski y M. Sourdat (eds). Paisajes naturales del Ecuador: las condiciones generales del medio natural. CEDIG - IPGH - IRD - IGM. Quito, Ecuador.

Huttel, C., C. Zebronski, P. Gondard y J. Bourliaud. 1999. Paisajes agrarios de Ecuador. IFEA-IGM-IPGH-RD-PUCE. Quito, Ecuador.

IGM. 2019a. Geoportal de Instituto Geográfico Militar. Disponible en http://bit.ly/2qMvOPR

IGM. 2019b. Geovisualizador Instituto Geográfico Militar. Mosaico de Geopedología 1:25.000. Disponible en https://bit.ly/2lTzM6Z

IGM. 2019c. Geovisualizador Instituto Geográfico Militar. Mosaico de Uso de la Tierra 1:25.000. Disponible en https://bit.ly/2lTzM6Z

INEC. 2019. Encuesta de superficie y producción agropecuaria. Disponible en http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas

León, J. 2010. Manual de geografia del Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar, sede Ecuador - Corporación Editora Nacional. Quito Ecuador.

MAG y ORSTOM. 1978. Inventario catográfico de la Costa ecuatoriana. MAG-PRONAREG. Quito, Ecuador.

MAGAP. 2014. Proyecto PIDAASSE. Disponible en https://bit.ly/2kQA5za

Mejía, L. 1997. Suelos del Ecuador: Reconocimento 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.

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013a. Memoria técnica geopedológica del cantón Valencia. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. IEE. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2ksYAm2

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013b. Perfil PM2-P176. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.y/2kQAilW

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013c. Perfil PM4-P203. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2kTeKoK

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013d. Perfil PN2-P181. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2lXBwMu

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013e. Perfil PN7-P204. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2koAkS1

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2013f. Perfil PN8-P187. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2m3b2ZV

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2014. Perfil PM2-P213. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2ksYNFQ

MIDENA, IEE, SENPLADES y MAGAP. 2015. Perfil PN4-P235. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. IEE. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2moNeQA

MIDENA, IEE, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2012a. Perfil PN6-P078. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2mnoTKX

MIDENA, IEE, SENPLADES, MAGAP y INIGEMM. 2012b. Perfil PM1-P064. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2mnoRmj

MIDENA, SENPLADES, IEE y GAD de Pichincha. 2013g. Perfil PM1-P131. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2m1kWLA

MIDENA, SENPLADES, IEE y GAD de Pichincha. 2013h. Perfil PN3-P151. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. MIDENA. Quito, Ecuador. https://bit.ly/2m1kWLA

Ministerio de Transporte y Obras Públicas y INECA. 2012. Estudio de ingeniería de la carretera Santo Domingo-Esmeraldas y la estructuración jurídica, técnica y económico-financiera. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Quito, Ecuador.

Moreno, J. 2001. Zonificación agroecológica de la cuenca baja del río Guayas-Ecuador con utilización de la Teledetección. Facultad de Ciencia Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Ingeniero Agrónomo. Quito, Ecuador.

Moreno, J. 2012. Fertilidad de los suelos a través de la regionalización de variables edafológicas mediante herramientas geoestadísticas en seis cantones del Ecuador. Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales. Universidad Mayor de San Simón. Maestría en Ciencias de la Geoinformación y Observación de la Tierrra. Cochabamba, Bolivia.

Pacheco, R. 2009. El Ecuador: Recursos naturales agrícolas y del medio ambiente. Imprenta Colón. Quito, Ecuador.

PRONAREG-ORSTOM. 1982. Inventario cartográfico de la Sierra ecuatoriana: mapas de aptitudes agrícolas, escala 1: 200 000, Quito, Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG), Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer (ORSTOM). Quito, Ecuador.

Ramírez, M. 2013. Registros de la deformación y del volcanismo en el dominio del antearco ecuatoriano: sedimentología y bioestratigrafía de la formación Borbón. Factultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ingeniero en Geología. Guayaquil Ecuador.

Sánchez, D., C. Montúfar, E. Lagos y F. Yerovi. 2010. Caracterización de la dinámica ambiental, a escala de tiempo humano, en el cantón Milagro mediante el uso de herramientas geoespaciales. En: J. Espinosa (ed). XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, Ecuador. https://bit.ly/2kHhfuy

Sevillano, G. 2010. Levantamiento geopedológico de la cuenca baja del río Guayas-Ecuador con aplicación del enfoque sistémico. En: J. Espinosa (ed). XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo: El suelo como factor de mitigación del cambio climático. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, Ecuador. http://bit.ly/2lXJEg8

SIGTIERRAS. 2016a. Perfil CSp-NIV-E4-86-0055. SIGTIERRAS. Quito, Ecuador. http://bit.ly/2m3bmYD

SIGTIERRAS. 2016b. Perfil CSp-NIV_C2-98-0043. SIGTIERRAS. Quito, Ecuador. http://bit.ly/2m3bmYD

Soil Survey Staff. 2006. Keys to soil taxonomy. 10th ed. USDA - NRCS. Washington DC, USA.

Tapia, J. 2012. Modelización hidrológica de un área experimental en la Cuenca del Río Guayas. Facultad de Ciencas Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata. Maestria en Manejo Integral de Cuencas Hidrograficas. Cuidad de la Plata, Argentina.

Winckell, A., R. Marocco, T. Winter, C. Huttel, P. Pourrut, C. Zebrowski, *et al*. (ed). 1997. Los paisajes naturales del Ecuador. Volumen 1: Las condiciones generales del medio natural. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. Quito, Ecuador.

Winckell, A. y C. Zebrowski. 1997. Los paisajes costeros. En: A. Winckell, C. Zebrowski y M. Sourdat (eds). Los paisajes naturales del Ecuador: Las regiones y paisajes del Ecuador. CEDIG-IPGH-IRD. Quito.

Zebrowski, C. y M. Sourdat. 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. Sourdat (eds). Los paisajes naturales del Ecuador. Volumen 1: Las condiciones generales del medio natural. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. Quito, Ecuador.

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.geográficomilitar.gob.ec / www.geoportal.gob.ec

ISBN: 978-9942-22-557-3