

Caracterización de las propiedades morfológicas, físicas y químicas de los suelos del humedal “La Tembladera”, provincia de El Oro, Ecuador

Characterization of morphological, physical and chemical properties of the soils of the “La Tembladera” wetland, El Oro province, Ecuador.

Diego Villaseñor-Ortiz¹; Eduardo Luna-Romero¹; Edison Jaramillo-Aguilar¹

¹ Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Machala, Machala, El Oro, Ecuador

* **Correspondencia para el autor:** dvillaseñor@utmachala.edu.ec

Resumen

Se realizó la caracterización morfológica, química, física y la clasificación taxonómica de diez unidades geomorfológicas el humedal La Tembladera (HT), en la provincia de El Oro, Ecuador. Para la descripción taxonómica de las unidades muestrales de suelos, se siguieron los lineamientos del National Soil Survey Center y la Guía para la Descripción de Suelos de la FAO. La caracterización física y química se la realizó en el laboratorio de suelos de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala. Los perfiles evaluados derivaron de material depositado del HT y por el arrastre de material de la parte alta de las cuencas de los ríos: Arenillas y Santa Rosa. Los suelos HT, fueron altamente heterogéneos y mostraron características pedológicas distintivas debido a los disturbios deposicionales de carácter fluvial y lacustre. Todos los perfiles mostraron una heterogeneidad en sus características físicas y químicas evaluadas. Por último, suelos del suborden Typic Ustifluvents, Fluventic Endoaquepts, Vertic Endoaquepts, Fluventic Haplustepts, Typic Paleustalfs y Vertic Haplustalfs fueron las clases taxonómicas determinadas en el presente estudio.

Palabras clave: Formación de suelos, Morfología de suelos, Clasificación de suelos, Humedales.

Abstract

Characterization of morphological, chemical and physical properties, along with taxonomic classification, was performed for ten geomorphological units of the La Tembladera (HT) wetland, in El Oro province, Ecuador. The guidelines of the National Soil Survey Center and FAO Soil Description Guide were followed for the taxonomic description of the soil sample units. Physical and chemical characterization was carried out in the soil laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala. The profiles evaluated derived from deposited material of the HT wetland and material dragged from the upper basins of the Arenillas and Santa Rosa rivers. The HT soils were highly heterogeneous and showed distinctive pedological characteristics due to depositional disturbances of fluvial and lacustrine character. All the profiles showed heterogeneity in the physical and chemical characteristics evaluated. Finally, soils of the sub-order Typic Ustifluvents, Fluventic Endoaquepts, Vertic Endoaquepts, Fluventic Haplustepts, Typic Paleustalfs and Vertic Haplustalfs were the taxonomic classes identified in the present research.

Key words: Soil formation, Soil morphology, Soil classification, Wetlands.



Recibido: 31 de octubre, 2016
Aceptado: 15 de diciembre, 2016

Introducción

Los humedales se encuentran entre los espacios naturales de mayor importancia ambiental y socioeconómica a escala mundial (Bernáldez, 1987; Williams, 1999), tanto por el papel relevante que juegan en los ecosistemas acuáticos (Mäler, 2000; Istvánovics & Somlyódy, 2001; Perotti, Diéguez & Jara, 2005), cuanto por el potencial productivo de sus suelos (Travieso-Bello, Moreno-Casasola & Campos, 2005; Bohn, Piccolo & Perillo, 2007; Hernández, 2010). Dado que los humedales dependen directamente de los procesos hidrogeomorfológicos, biológicos y antrópicos (Peña-Cortés *et al.*, 2006; Martínez, Rodríguez & Hernández, 2014), sería difícil entender de manera completa el estado actual de estos sin considerar las características físico-químicas y morfológicas de sus sistemas edáficos, que interactúan en su entorno de formación geológica (Ortega, Guerrero & Parra, 2006).

El Humedal La "Tembladera" (HT) es uno de los 14 humedales del Ecuador incluidos en el convenio internacional Ramsar (Molina, 2012; Quevedo, 2012). Es uno de los pocos humedales que quedan en la provincia de El Oro, se encuentra amenazado por la calidad del agua de los ríos que lo alimentan y la deforestación generada por las industrias camaronera, bananera, ganadera y minera (Briones, Gómez, Hidalgo, Tirira & Flachier, 2001). El patrón de los niveles de agua estacional en los humedales, en general, está determinado por el balance de entradas y salidas del flujo hídrico, y por lo general, tiende a ser afectado y modificado por la fisiografía del terreno y la proximidad a otros cuerpos de agua (Mitsch & Gosselink, 2000).

Los humedales se caracteriza por presentar suelos hidromórficos que permanecen anegados y que sostienen periódica o permanentemente una vegetación de características hidrófitas (Cowardin, Carter, Golet & LaRoe, 1979)

Entre uno de los estudios formales de suelos que involucró a la zona del HT, está el realizado por el Departamento de Geomorfología y Teledetección PRONAREG y el Instituto Francés

de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM). Se menciona la presencia de suelos del orden Alfisol (Rhodic Haplustalfs, Rhodic Paleustalfs) Inceptisol con características vérticas (Vertic Ustropepts), Vertisol (Vertic Chromusterts) y en menor medida Entisol (Skeletal Ustifluvents, Typic Ustifluvents) (PRONAREG-ORSTOM, 1983). Sin embargo, la escasez de estudios dedicados al levantamiento de información de los suelos del Ecuador, hace necesaria la actualización de datos morfológicos y físico-químicos que muestren cambios en parámetros como el uso del suelo y posibles niveles de degradación edáfica que pongan en riesgo la estabilidad ecológica del HT por actividad antrópica.

En este contexto, y con la finalidad de generar información que contribuya a la toma de decisiones referentes a la reducción de las tasas de degradación de las tierras cultivables y preservar su nivel de productividad, es necesario adquirir un conocimiento detallado de las principales características edáficas, que permitan una descripción precisa de la variabilidad y complejidad de los procesos que afectan la calidad del suelo (Dengiz, 2010; Fernandes, Ribon, Junior, de Souza Bahia & Filho, 2016). En este sentido, (Souza *et al.*, 2010) señala que la caracterización de los suelos para fines de conservación, hace que el estudio de las propiedades físicas, químicas y morfológicas, ayuden a la comprensión de su génesis, su potencial productivo y sus limitaciones agronómicas.

En el presente trabajo se plantea la caracterización morfológica, física y la clasificación taxonómica a nivel de subgrupo de 10 perfiles de suelos desarrollados sobre los depósitos aluviales en las riberas del HT, como objetivo de estudio.

Materiales y métodos

Localización y descripción del área de estudio

El área de ubicación geográfica del estudio está localizada en el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador (Figura 1). El

clima, se clasifica como megatérmico seco a semihúmedo. Presenta una estación seca (mayo a diciembre) y una estación húmeda, ambas bien definidas. La mayor precipitación media mensual se registra entre los meses de enero a abril (Figura 2), y el promedio de temperaturas anuales en la estación húmeda bordean los 25 a 30 °C (Pourrut, Gómez, Bermeo & Segovia, 1995; Bendix, Rollenbeck, Göttlicher, Nauß & Fabian, 2008).

Geomorfológicamente la zona pertenece a la unidad morfo-pedológica de piedemonte costero transicional entre cordillera y llanura costera, con glaciares cuaternarios de esparcimiento. Posee una formación litológica de depósitos coluvio-aluviales con clastos de cuarzo lechoso dentro de una matriz arenosa a areno-arcillosa, rojiza y localmente ferruginizada. Las características edáficas pertenecen a una asociación de suelos rojos, rojizo amarillentos, medianamente profundos (>1 m) arcillosos (caolinita y montmorillonita) con características vérticas y

óxidos de hierro (PRONAREG-ORSTOM, 1983). La planicie, cubierta por material aluvial que sobreyace a depósitos del cuaternario (Baldock, 1982), posee una topografía plana a muy poco ondulada, permitiendo depósitos de material de arrastre en las cuencas de los ríos Arenillas y Santa Rosa (PRONAREG-ORSTOM, 1983; MAG-IICA-CLIRSEN, 2002).

Muestreo y análisis de suelos

En la selección de los 10 sitios de muestreo (Tabla 1) se utilizaron dos criterios: el primero, la observación de campo que estuvo en función de las características representativas del sector en estudio (geomorfología y manejo de cultivos) y, el segundo, la información de estudios previos de clasificación de suelos de la región (López, 1961; PRONAREG-ORSTOM, 1983; Villaseñor, Chabla & Luna, 2015). En la Tabla 1, se muestran las coordenadas geográficas de los 10 perfiles de suelos seleccionados para la evaluación.

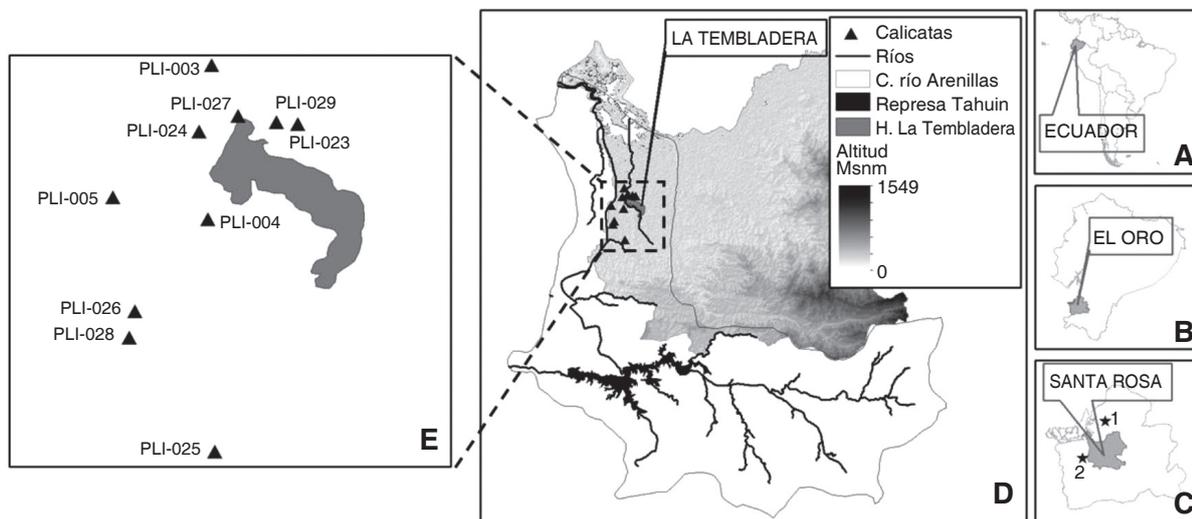


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. A) Ecuador en suramérica. B) Provincia de El Oro en el Ecuador. C) Cantón Santa Rosa en la provincia de El Oro, las estrellas de color negro son las estaciones pluviométricas (1) Granja Santa Inés y (2) Arenillas. D) Modelo de elevación digital (DEM) del cantón Santa Rosa; límite de la cuenca del río Arenillas, su red hidrográfica y la represa Tahuín, se menciona el Humedal La Tembladera (HT). E) Área de estudio de las 10 calicatas (triángulos color negro) alrededor del HT (polígono gris).

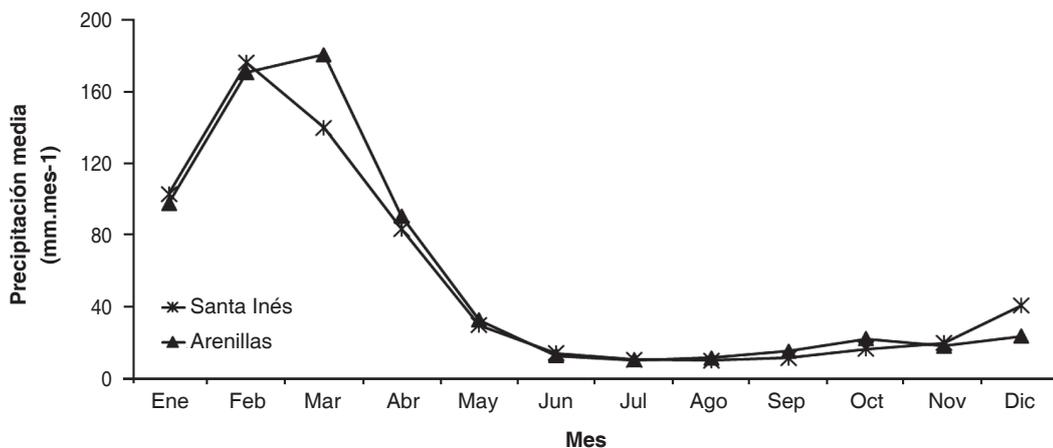


Figura 2. Distribución de la precipitación media mensual en las estaciones meteorológicas Granja Santa Inés y Arenillas, provincia de El Oro.

Una vez seleccionados los sitios de muestreo, se abrió una calicata en cada uno de los sitios de seleccionados para la descripción del perfil y la toma de muestras por cada horizonte genético, se siguió los lineamientos del Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos (Schoeneberger, Wysocki, Benham & Soil Survey Staff, 2012) y la Guía para la Descripción de Suelos de la FAO (Vargas, 2009). Para la clasificación taxonómica hasta nivel de subgrupo se utilizó la clave para taxonomía de suelos del Soil Survey Staff (2014). Las características físicas

de textura, clase textural y densidad aparente se determinaron según métodos señalados por Sandoval, Döerner, Seguel, Cuevas, & Rivera, 2012. El pH y la Conductividad Eléctrica (CE) se determinaron en una relación muestra: agua 1:2.5, según lo descrito por Sadsawka *et al.* (2006). La materia orgánica (MO) se estimó por el método de Walkley y Black (Nelson & Sommers, 1982). Estos procedimientos se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los 10 perfiles de suelos evaluados en el Humedal La Tembladera, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador.

Perfil	Código	Ubicación Geográfica	Coordenadas		Altitud m snm
			Sur	Oeste	
1	PLIA-003	Miraflores	3°28'41.24"	80°0'14.65"	15
2	PLIA-027	San José	3°29'1.32"	80°0'4.32"	12
3	PLIA-004	San José	3°29'42.10"	80°0'16.01"	15
4	PLIA-005	La Florida	3°29'33.58"	80°0'53.42"	19
5	PLIA-023	La Tembladera	3°29'3.78"	79°59'49.28"	13
6	PLIA-024	San José	3°29'7.55"	80°0'19.68"	15
7	PLIA-025	San Agustín	3°31'14.06"	80°0'13.29"	32
8	PLIA-026	La Florida	3°30'18.64"	80°0'44.75"	18
9	PLIA-028	San Agustín	3°30'28.99"	80°0'46.97"	18
10	PLIA-029	Potrero II	3°29'4.52"	79°59'40.95"	16

Resultados

Morfología y clasificación taxonómica

Los 10 perfiles evaluados se clasificaron en tres órdenes según Soil Survey Staff (2014), dentro de los cuales se encuentran dos Entisoles, cuatro Inceptisoles y cuatro Alfisoles (Tabla 2 y Figura 3). Para los suelos del HT, esta situación ha sido observada en parte en estudios anteriores (PRONAREG-ORSTOM, 1983), sin embargo la influencia de los Alfisoles e Inceptisoles en áreas de inundación parece ser mayor que lo reportado en 1983.

Las características morfológicas, presentadas en la Tabla 3, se puede observar que el perfil 1 (P-003). Presenta un color más oscuro en el matiz 10 YR 4/6 en el primer horizonte Ap (Figura 3), diferente al del resto de horizontes sub-superficiales. El resto de los horizontes mantuvo el matiz cambiando su configuración a medida que aumentaba la profundidad a colores más claros (Munsell, 1950; Domínguez, Román, Prieto & Acevedo, 2012), por ejemplo los horizontes C1, C2, y C3 presentaron claridades y pureza de 6/8, 5/8 y 6/6, respectivamente, a pesar de que son colores más claros que el Ap, la reacción a la prueba de carbonatos en campo fue nula (González, de Carvalho & Lara, 2014). La estructura en este perfil fue de bloques subangulares finos de grado moderado a fino en el horizonte Ap y estructuras de grano simple en los horizontes C1, C2, y C3, debido a la presencia de fracciones de arena (Hillel, 1982). La consistencia en húmedo fue de pegajosa y plástica en el primer horizonte, mientras que en el resto de horizontes los límites de plasticidad fueron nulos (Bronick & Lal, 2005). Usando como referencia el Soil Survey Staff (2014), este perfil fue clasificado como un suelo del subgrupo Typic Ustifluvents.

Las características morfológicas del perfil 2 (P-027) no fueron tan diferentes a 1 (P-003) (Tabla 3) en cuanto al matiz del color en el horizonte A (10 YR 4/6) así como en los sub-superficiales C1 y C2. Aunque variaron en los niveles de claridad y pureza 10 YR 5/4 y 10 YR 6/4, respectivamente (Munsell, 1950; Domínguez et al., 2012) (Figura

3), mantuvieron una descripción similar al perfil 1 (P-003). La estructura del suelo en todo el perfil se distribuyó en bloques subangulares finos débiles en el horizonte A, a medios y débiles en los horizontes C1 y C2, con niveles de plasticidad de ligeramente pegajoso y ligeramente plástico en el A y pegajoso y plástico en los horizontes C1 y C2. Usando como referencia el Soil Survey Staff (2014), este perfil fue clasificado como un suelo del subgrupo Typic Ustifluvents (Tabla 2).

Los perfiles 3 (P-004), 4 (P-005), 5 (P-023) y 6 (P-024) fueron catalogados como Inceptisoles del subgrupo Fluventic Endoaquepts, Vertic Endoaquepts y Fluventic Haplustepts, respectivamente (Soil Survey Staff, 2014) (Tabla 2). La configuración de sus perfiles fue A o Ap, Bw o Bt y C (Tabla 3). El color de estos perfiles varió en la tonalidad de claridad según Munsell (1950) en una intensidad de claridad de entre 3 y 6 en húmedo, en tonalidades de café a café amarillento oscuro. La consistencia en húmedo, palpada directamente en el campo, estuvo caracterizada por presentar características de ligeramente pegajosa a muy pegajosa, posiblemente por la presencia de minerales de arcilla tipo 2:1 (Keller & Dexter, 2012; Moreno-Maroto & Alonso-Azcárate, 2015) que les atribuyen las características vérticas a los perfiles (Buol, Southard, Graham & McDaniel, 2011). La estructura estuvo caracterizada por clases de bloques subangulares de tamaño medio y grado moderado en los cuatro perfiles evaluados y la transición entre horizontes fue de gradual a difusa (Tabla 3).

Los perfiles 7 (P-025), 8 (P-025), 9 (P-028) y 10 (P-029) mostraron características morfológicas similares a los Entisoles descritos anteriormente (Figura 3). Sin embargo, mostraron diferencia en la configuración de sus horizontes A o Ap, Bt o Bw y C siendo clasificados como Alfisoles del subgrupo Typic Paleustalfs y Vertic Haplustalfs (Soil Survey Staff, 2014) (Cuadro 2). El color característico de estos perfiles fue el café amarillento y café amarillento oscuro. En la estructura en P-025, P-028 y P-029 (Tabla 3), prevalecieron las clases granulares y bloques angulares, mientras que en P-026 se encontraron clases estructurales de bloques angulares.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de los 10 perfiles de suelos evaluados en el Humedal La Tembladera, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador.

Perfil	Sector	Código	Orden	Suborden	Gran grupo	Subgrupo
1	Miraflores	P-003	Entisol	Fluents	Ustifluents	Typic Ustifluents
2	San José I	P-027	Entisol	Fluents	Ustifluents	Typic Ustifluents
3	San José II	P-004	Inceptisol	Aquepts	Endoaquepts	Fluventic Endoaquepts
4	Florida I	P-005	Inceptisol	Aquepts	Endoaquepts	Vertic Endoaquepts
5	Piscícola	P-023	Inceptisol	Aquepts	Endoaquepts	Vertic Endoaquepts
6	Bananera	P-024	Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Fluventic Haplustepts
7	San Agustín I	P-025	Alfisol	Ustalfs	Paleustalfs	Typic Paleustalfs
8	Florida II	P-026	Alfisol	Ustalfs	Haplustalfs	Vertic Haplustalfs
9	San Agustín II	P-028	Alfisol	Ustalfs	Paleustalfs	Typic Paleustalfs
10	Potrero	P-029	Alfisol	Ustalfs	Paleustalfs	Typic Paleustalfs



Figura 3. Diferentes perfiles de suelos analizados en las inmediaciones del Humedal la Tembladera, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador.

Tabla 3. Características morfológicas de los perfiles de suelo del Humedal La Tembladera, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador.

Hzte.	Prof. (cm)	Color Munsell (Húmedo)	Nombre color del suelo	Estructura	Consistencia (Húmedo)	Límite
P-003 TYPIC USTIFLUENTS						
Ap	0 - 12	10 YR (4/6)	Café amarillento oscuro	Bks Fi Mo	Pg PI FH	L A
C ¹	12 - 72	10 YR (6/8)	Amarillo parduzco	GS	0PG 0PI SH	L C
C ²	72 - 96	10 YR (5/8)	Café amarillento	GS	0PG 0PI SH	L C
C ³	96+	10 YR (6/6)	Amarillo parduzco	GS	0PG 0PI SH	L C

P-027 TYPIC USTIFLUVENTS						
A	0 – 14	10YR (4/6)	Café amarillento oscuro	Bks Fi De	LPg LPI	L A
C ¹	14 – 30	10 YR (5/4)	Café amarillento	Bks Me De	Pg PI	O D
C ²	30 – 44	10 YR (6/4)	Café amarillento claro	Bka Me De	Pg PI	O D
P-004 FLUVENTIC ENDOAQUEPTS						
A ¹	0 – 20	10 YR (3/3)	Café oscuro	Bks Me Mo	Pg PI FH	L A
A ²	20 – 48	10 YR (4/6)	Café amarillento oscuro	Bks Me Mo	Pg PI FH	O G
Bt	48 – 76	10 YR (5/4)	Café amarillento	Bks Me Mo	Mpg Mpl FH	O C
C	76 +	10 YR (6/8)	Amarillo parduzco	Bks Fi Fu	0Pg 0PI MFH	O D
P-005 VERTIC ENDOAQUEPTS						
A	0 – 22	10 YR (3/4)	Café amarillento oscuro	Bks Me Mo	Pg PI FH	O G
Bw	22–57	10 YR (5/3)	Café	Bks Me De	Pg PI FH	O D
Bt	57–120	10 YR (5/6)	Café amarillento	Bks Me Mo	MPg MPI FiH	O D
P-023 VERTIC ENDOAQUEPTS						
A	0 – 14	10 YR (3/4)	Café amarillento oscuro	GR Me Fu	LPg LPI	L A
Bw	14– 38	10 YR (3/4)	Café amarillento oscuro	GR Me Fu	LPg LPI	I C
Bt ¹	38 – 66	10 YR (5/4)	Café amarillento	Bka Me Mo	LPg PI	L C
Bt ²	66–93	10 YR (6/3)	Café pálido	Bka Me Mo	Pg PI	I D
C	93+	10 YR (6/2)	Gris claro parduzco	Bks Gr Mo	MPg MPI	I D
P-024 FLUVENTIC HAPLUSTEPTS						
A ¹	0 – 14	10 YR (3/6)	Café amarillento oscuro	GR Fi De	Pg PI	L A
A ²	14 – 30	10 YR (4/3)	Café	GR Fi De	Pg PI	O D
Bt	30 – 44	10 YR (6/6)	Amarillo parduzco	Bks Me De	LPg PI	O D
C ¹	44 – 65	10 YR (5/8)	Café amarillento	Bks Me De	Pg LPI	O D
C ²	65 – 75	10 YR (6/8)	Amarillo parduzco	Bks Me De	0Pg LPI	O D
C ³	75 – 90	10 YR (5/8)	Café amarillento	GS	0Pg 0PI	O D
P-025 VERTIC HAPLUSTALFS						
Ap	0 – 28	7.5 YR (5/6)	Café fuerte	GR Fi De	Pg 0PI	O C
Bw ¹	28 – 53	10 YR (5/6)	Café amarillento	GR Fi De	LPg 0PI	O C
Bw ²	53 –69	5 YR (5/8)	Rojo amarillento	Bks Fi De	LPg 0PI	O C
Bt	69 +	2.5 YR (5/8)	Rojo	Bka Me Mo	Pg LPI	O C
P-026 VERTIC PALEUSTALFS						
A	0 – 13	10 YR (5/6)	Café amarillento	GR Fi De	LPg PI	L C
Bt	13–46	10 YR (5/6)	Café amarillento	Bka Me Fu	LPg PI	L D
C ¹	46–72	10 YR (5/6)	Café amarillento	Bka Me Fu	LPg PI	L C
C ²	72–90	10 YR (7/3)	Café muy pálido	Bka Me Fu	LPg PI	L D
C ³	90 +	10 YR (6/4)	Café amarillento pálido	Bka Fi De	LPg PI	L D
P-028 TYPIC PALEUSTALFS						
A	0 – 17	10 YR (6/6)	Amarillo parduzco	GR Fi De	LPg LPI	L D
Bw	17 – 38	10 YR (5/8)	Café amarillento	GR Fi De	LPg LPI	O D
Bt ¹	38 – 48	10 YR (6/8)	Amarillo parduzco	Bks Me Mo	0Pg 0PI	L D
Bt ²	48 – 74	7.5 YR (5/8)	Café fuerte	Bks Me Fu	0Pg 0PI	L D
P-029 TYPIC PALEUSTALFS						
Ap	0 – 20	10 YR (4/6)	Café amarillento oscuro	Bks Fi Mo	0Pg 0PI	L C
Bw ¹	20 – 35	10 YR (5/6)	Café amarillento	Bka Fi Mo	0Pg 0PI	L G
Bw ²	35 – 54	10 YR (5/6)	Café amarillento	Bka Me Fu	0Pg LPI	O D
Bw ³	54 – 90	10 YR (4/4)	Café amarillento oscuro	Bka Me Mo	MPg MPI	L D
Bt	90–110	10 YR (4/4)	Café amarillento oscuro	Bks Me Mo	LPg MPg	L D

Abreviaciones:

Estructura: GR= granular; Bks= bloques subangulares; Bka= bloques angulares; GS= grano simple; Fi= fino; Me= medio; Gr= grueso; De= débil; Mo= moderado; Fu= fuerte.

Consistencia: 0Pg= no pegajoso; Pg= pegajoso; LPg= ligeramente pegajoso; MPg= muy pegajoso; 0PI= no plástico; PI= plástico; LPI= ligeramente plástico; MPI= muy plástico.

Límite: L= lineal; I= irregular; O= ondulado; A= abrupto; C= claro; G= gradual; D= difuso.

Características físicas y químicas

Los suelos analizados en el HT presentan sus características físicas y químicas en la Tabla 4, en la configuración de sus perfiles y clases texturales francas con sus respectivas derivaciones. Estas van desde franco arenosas, hasta franco arcillo arenosas. Los perfiles con texturas más gruesas fueron los puntos 1 y 2 (P-003 y P-027) (Tabla 4), con porcentajes entre el 50 y 95% de arena, clasificados como Typic Ustifluvents (Tabla 2). Los perfiles del 3 al 10, presentaron la mayor concentración de partículas finas con variaciones de limo de entre 1 y 66% y de arcilla 1,3 y 79,8%, clasificados taxonómicamente en los órdenes Inceptisol y Alfisol (Tabla 2).

En cuanto a las propiedades químicas (Tabla 4), en los perfiles 1 (P-003) y 2 (P-027), clasificados en el orden de los Entisoles, el pH fue prácticamente neutro en los horizontes superficiales entre los 0 y 30 cm, manteniéndose en un rango de 6,48 y 7,20; sin embargo, en el P-003, a una profundidad entre los 72 y 96 cm, el pH se torna muy alcalino, con rangos de 8,30 y 9,50 probablemente a causa de la clase textural arenosa del perfil en los horizontes más superficiales, lo cual provoca el lavado de bases hacia los horizontes subsuperficiales. En cuanto a la Materia Orgánica (MO), ambos perfiles mostraron un nivel bajo, indicando los valores más elevados en los horizontes A y decreciendo el valor a medida que el perfil va profundizando.

El valor de conductividad eléctrica (CE) estuvo dentro de los rangos normales ($>1 \text{ d Sm}^{-1}$) en los dos perfiles (Tabla 4).

Para los perfiles P-004, P-005, P-023 y P-024, clasificados como Inceptisoles, sus características de pH fluctuaron entre 6,71 y 7,25 en el horizonte A superficial, tornando hacia la alcalinidad en los horizontes más profundos; sin embargo, en el perfil P-004 el pH cambió a valores de 5,00 permitiendo acidez en ese medio. La MO estuvo en un rango de entre 1,9 y 0,1 en todos los perfiles, excepto en el perfil P-024 que presentó valores de 5,0 y 2,0 en sus horizontes superficiales Ap y A, producido por el uso actual que se le da a este suelo, con cultivo orgánico de banano. El valor de CE estuvo dentro de los rangos normales ($>1 \text{ dS m}^{-1}$) en todos los cuatro perfiles (Tabla 4).

Los perfiles P-025, P-026, P-028 mantuvieron el pH en rangos entre 5,55 y 7,13; sin embargo, en el P-028 a profundidad de 74 cm presentó un pH de 4,83 y todo el perfil 029 presentó un rango de 4,19 en su horizonte Ap y 6,25 en su horizonte más subsuperficial. La MO se mantuvo en rangos desde 0,1 a 5,9 presentando su mayor porcentaje en los horizontes superficiales entre los 0 y 20 cm de profundidad. El valor de CE estuvo dentro de los rangos normales ($>1 \text{ d Sm}^{-1}$) en P-025, P-028 y P-029, a excepción de P-026 que acumuló sales, representadas en su CE a profundidad de 46 a 96 cm con valores superiores a 1 d Sm^{-1}

Tabla 4. Características físicas y químicas de los perfiles de suelo del Humedal La Tembladera, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador.

Hzte.	Prof. (cm)	Textura (%)			Clase Textural USDA	D. Aparente (g cm ⁻³)	pH	C.E. (d Sm ⁻¹)	MO %
		Arena	Limo	Arcilla					
P-003 TYPIC USTIFLUVENTS									
Ap	0 - 12	69,0	19,0	12,0	FA	1,55	7,2	0,06	1,70
C ¹	12 - 72	89,0	5,0	6,0	A	1,60	7,1	0,01	0,10
C ²	72 - 96	91,0	3,0	6,0	A	1,66	8,4	0,04	0,10
C ³	96+	95,0	2,0	3,0	A	1,70	9,5	0,07	0,10
P-027 TYPIC USTIFLUVENTS									
A	0 - 14	72,7	12,2	15,1	A	1,8	7,1	0,3	0,34
C ¹	14 - 30	70,7	12,2	17,1	A	1,8	6,5	0,6	0,06
C ²	30 - 44	50,7	6,0	43,3	YA	1,4	6,6	2,7	0,01
P-004 FLUVENTIC ENDOAQUEPTS									
A ¹	0 - 20	68,5	12,0	19,5	FA	1,60	6,7	0,07	1,50
A ²	20 - 48	62,5	12,0	25,5	FYA	1,55	6,9	0,11	0,90
Bt	48 - 76	42,5	14,0	43,5	Y	1,45	5,0	0,55	0,10
C	76 - 100	74,2	5,1	20,7	FYA	1,55	5,5	0,31	0,10

P-005 VERTIC ENDOAQUEPTS									
A	0 – 22	72.5	14,2	13,3	FA	1,60	7,7	0,13	1,10
Bw	22 – 57	64.7	14,0	21,3	FYA	1,55	8,0	0,17	0,30
Bt	57 – 120	46.7	2,0	51,3	YA	1,43	8,9	0,50	0,10
P-023 VERTIC ENDOAQUEPTS									
A	0 – 14	64,7	20,0	15,3	FA	1,59	6,9	0,08	1,90
Bw	14– 38	52,7	14,0	33,3	FYA	1,49	7,5	0,12	0,30
Bt ¹	38 – 66	28,7	26,0	45,3	Y	1,43	7,5	0,66	0,30
Bt ²	66-93	30,7	66,0	3,3	FL	1,55	7,1	0,78	0,10
C	93+	30,7	2,0	67,3	Y	1,37	6,4	0,80	0,10
P-024 FLUVENTIC HAPLUSTEPTS									
A ¹	0 – 14	30,7	21,3	48,0	Y	1,40	7,3	0,28	5,00
A ²	14 – 30	31,7	21,3	47,0	Y	1,43	7,5	0,20	2,00
Bt	30 – 44	18,7	1,5	79,8	Y	1,43	7,7	0,28	0,80
C ¹	44 – 65	34,7	64,0	1,3	FL	1,39	6,9	0,28	0,30
C ²	65 – 75	66,7	32,0	1,3	A	1,69	6,9	0,28	0,10
C ³	75 – 90	98,5	0,7	0,8	A	1,83	7,2	0,13	0,10
P-025 VERTIC HAPLUSTALFS									
Ap	0 – 28	74,7	14,0	11,3	A	1,73	6,6	0,15	1,79
Bw ¹	28 – 53	58,7	16,0	25,3	FYA	1,43	6,5	0,10	0,90
Bw ²	53 – 69	46,7	22,0	31,3	FYA	1,46	7,0	0,13	0,62
Bt	69 +	40,7	56,0	3,3	FL	1,44	7,3	0,17	0,41
P-026 VERTIC PALEUSTALFS									
A	0 – 13	50,7	8,0	41,3	YA	1,34	7,1	0,32	0,34
Bt	13 - 46	48,7	2,0	49,3	YA	1,35	6,5	0,64	0,06
C ¹	46 - 72	30,7	66,2	3,1	FL	1,43	6,6	2,70	-
C ²	72 - 90	56,7	40,2	3,1	A	1,67	6,6	5,42	-
C ³	90 +	44,7	52,2	3,1	FL	1,55	6,9	3,78	-
P-028 TYPIC PALEUSTALFS									
A	0 – 17	70,9	12,2	16,9	A	1,81	6,8	0,21	5,90
Bw	17 – 38	62,9	14,2	22,9	FYA	1,55	6,9	0,10	2,30
Bt ¹	38 – 48	46,9	12,2	40,9	YA	1,43	5,6	0,17	1,10
Bt ²	48 – 74	50,9	12,2	36,9	YA	1,45	4,8	0,27	0,80
P-029 TYPIC PALEUSTALFS									
Ap	0 – 20	68,7	10,0	21,3	FYA	1,55	4,2	0,28	2,50
Bw ¹	20 – 35	74,7	4,0	21,3	FYA	1,60	5,4	0,20	1,30
Bw ²	35 – 54	52,7	14,0	33,3	FYA	1,54	5,5	0,36	0,60
Bw ³	54-90	46,7	18,0	35,3	YA	1,45	6,7	0,74	0,10
Bt	90-110	40,7	12,0	47,3	YA	1,45	6,3	1,23	0,10

Abreviaciones:

F= franca; A= arenosa; L= limosa; Y= arcillosa.

Discusión

Los perfiles de suelo evaluados derivan de material depositado por el posible retroceso del HT y por el arrastre de material de la parte alta de las cuencas de los ríos Arenillas y Santa Rosa, que alimentan el HT (PRONAREG-ORSTOM, 1983; MAG-IICA-CLIRSEN, 2002). Según Baldock (1982), la zona se caracteriza por estar influenciada por un proceso de formación geológica aluvial, donde su morfología varía de acuerdo a la posición del paisaje (Autin & Aslan,

2001) y la presencia de cuerpos de agua en reposo (Dengiz, 2010).

En el contexto de lo analizado en la parte morfológica de los perfiles P-003 y P-027, clasificados dentro del orden de los Entisoles, Lindbo (1997) y Buol, Southard, Graham & McDanie, (2003) mencionan que son recurrentes en zonas de inundación actual o pasada, con un desarrollo mínimo de sus horizontes (color y estructura) debido a la combinación de factores que incluyen depósitos recientes de

material fluvial o material parental levemente meteorizado. En este contexto, Alexander, Fielding & Pocock (1999) indican que los suelos formados sobre planicies aluviales, bajo la influencia de humedales carecen de relaciones entre condiciones hidrológicas, de sedimentación de material y morfología, comparándolos con otros procesos de formación aluvial generados por ríos que permanentemente inundan una zona. De acuerdo con estos investigadores, el concepto de madurez pedogenética es usado para inferir tasas de acumulación de sedimentos en diferentes ambientes de inundación. Por ejemplo, Dengiz Göl, Karaca & Yüksel (2006) sostienen que los suelos de desarrollo débil o no consolidado (P-003 y P-027) (Tabla 3) fueron formados bajo un régimen de sedimentación acelerado, mientras que en suelos con una madurez morfo-pedológica consolidada (P-004, P-0023, P-0025, P-0028), se presume que el proceso de acumulación de sedimentos fue lento. Este argumento concuerda con las características morfológicas encontradas en los puntos de muestreo, donde se evidencia que las particularidades de los suelos que están más cerca de la influencia del HT, presentan un nivel de desarrollo pedogenético más evolucionado que aquellos que se encuentran más alejados del área de influencia del HT. Estos últimos influenciados por las deposiciones de material del río Arenillas (Figura 1).

Las propiedades físicas y químicas muestran variabilidad como resultado de la dinámica de interacciones de factores ambientales como clima, material parental, topografía y uso del terreno (Dengiz et al., 2006) (Tabla 4). Las variaciones físicas de textura están asociadas con el proceso de deposición de material aluvial, donde los suelos cercanos a los cauces de ríos, son de textura gruesa y los más alejados son de textura más fina (Luijckx & Zonnenberg, 1992). La densidad aparente concordó en valores altos (> 1,7 g cm⁻³) con los horizontes de clases texturales arenosas, mientras que los valores de densidad aparente más bajos estuvieron relacionados con los horizontes de textura más fina (Chaudhari, Ahire, Ahire, Chkravarty & Maity, 2013). En este sentido, los perfiles 1 (P-003) y 2 (P-027) tuvieron

los valores de densidad aparente más altos, mientras que los perfiles 3 al 10, presentaron densidades un tanto menores a los perfiles 1 y 2.

Conclusiones

Los suelos del Humedal La Tembladera fueron altamente heterogéneos y mostraron características pedológicas distintivas debido a los disturbios deposicionales de carácter fluvial y lacustre. Todos los perfiles mostraron una heterogeneidad en su clase textural, prevaleciendo las clases Franco Arcillo Arenosas y Arenosas debido a material depositado recientemente, aunque en el P-024 se evidenció partículas más finas, dada la alta meteorización de este sector. De la misma manera, las características químicas presentaron variabilidad horizontal y vertical en los perfiles, siendo afectadas principalmente por el tipo de uso agronómico dado a cada uno de estos suelos. Por último, Typic Ustifluvents, Fluventic Endoaquepts, Vertic Endoaquepts, Fluventic Haplustepts, Typic Paleustalfs y Vertic Haplustalfs fueron las clases taxonómicas encontradas en el presente estudio.

Agradecimientos

El presente trabajo de Investigación fue financiado y patrocinado por la Universidad Técnica de Machala, a través del Departamento de Investigaciones. Según la resolución No. 297/2014 del Honorable Consejo Universitario.

Referencias bibliográficas

- Alexander, J., Fielding, C. R. & Pocock, G. D. (1999). Flood behaviour of the Burdekin River, tropical north Queensland, Australia. *Geological Society, London, Special Publications*, 163(1), 27–40.
- Autin, W. J. & Aslan, A. (2001). Alluvial pedogenesis in Pleistocene and Holocene Mississippi River deposits: Effects of relative sea-level change. *Geological Society of America bulletin*, 113 (11), 1456–1466.
- Baldock, J. W. (1982). Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, Escala 1: 1,000.000. IGM.
- Bendix, J., Rollenbeck, R., Göttlicher, D., Nauß, T. & Fabian, P. (2008). Seasonality and

- diurnal pattern of very low clouds in a deeply incised valley of the eastern tropical Andes (South Ecuador) as observed by a cost-effective WebCam system. *Meteorological Applications*, 15(2), 281-291.
- Bernáldez, F. G. (1987). Las zonas encharcables españolas: el marco conceptual. *Bases científicas para la protección de los humedales en España* (pp. 9-30). Madrid, España: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Bohn, V., Piccolo, M. & Perillo, G. (2007). Potencial uso agrícola del agua de la laguna Unamuno. Buenos Aires, Argentina. *Revista Ecosistemas*, 16(2), 77-85.
- Briones, E., Gómez, J., Hidalgo, A., Tirira, D. & Flachier, A. (2001). Inventario de Humedales del Ecuador. Segunda Parte: Humedales Interiores de La provincia de El Oro. Convención de Ramsar/INEFAN/ Ecociencia. Quito. Ecuador.
- Bronick, C. J. & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1), 3-22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.03.005.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C. & McDaniel, P. A. (2003). Entisols: recently formed soils. *Soil Genesis and Classification* (pp. 283-292). Oxford, Inglaterra: Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9780470960622.ch11.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C. & McDaniel, P. A. (2011). Vertisols: Shrinking and Swelling Dark Clay Soils. *Soil Genesis and Classification* (pp. 385-395). Oxford, Inglaterra: Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9780470960622.ch19.
- Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M. & Maity, S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2), 1-8.
- Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F. C. & LaRoe, E. T. (1979). Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. *US Fish and Wildlife Service FWS/OBS*, 79(31), 131.
- Dengiz, O., Göl, C., Karaca, S. & Yüksel, M. (2006). Effects of different landscape position and parent material on soil variability and land use in both sides of Acicay river-Çankırı. In International Soil Meeting on Soil Sustaining Life on Earth, *Managing Soil and Technology*. Sanliurfa, Turquía, 2, 745-751.
- Dengilz, O. (2010). Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the south-east Anatolia region of Turkey. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 16(3), 205-212.
- Domínguez, S. J. M., Román, G. A., Prieto, G. F. & Acevedo, S. O. (2012). Sistema de notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 141-155.
- Fernandes, K. L., Ribon, A. A., Junior, J. M., de Souza Bahia, A. S. R. & Filho, J. T. (2016). Characterization, classification and analysis of the main properties of the Southwestern Goias soil. *Semina*, 37(3), 1135-1154. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n3p1135.
- González, Y. V., de Carvalho, J. C., & Lara, L. A. (2014). Carbonatogénesis inducida en un perfil de suelo tropical. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (72), 229-240.
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de Humedales como sumideros de carbono y fuentes de Metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139-147.
- Hillel, D. (1982). *Introduction to Soil Physics*. New York, EE.UU: Academic Press.
- Istvánovics, V. & Somlyódy, L. (2001). Factors influencing lake recovery from eutrophication—the case of Basin 1 of Lake Balaton. *Water Research*, 35(3), 729-735.
- Keller, T. & Dexter, A. R. (2012). Plastic limits of agricultural soils as functions of soil texture and organic matter content. *Australian Journal of Soil Research*, 50(1), 7-17.
- Lindbo, D. L. (1997). Entisols-Fluvents and Fluvaquents: Problems recognizing aquic and hydric conditions in young, flood plain soils. En M. J. Vepraskas y S. W. Sprecher (Ed.), *Aquic Conditions and Hydric Soils: The Problem Soils*, (pp. 133-151). Madison, EE.UU: Soil Science Society of America.
- López, C. L. (1961). *Estudio preliminar de las zonas agrícolas del Ecuador*. Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica, Quito.
- Luijckx, F., & Zonnenberg, W. (1992). Geomorphology and soils of the Area Limon-Cahuita, Atlantic Zone of Costa Rica. *Report Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza/Atlantic Zone Programme*, 5, 55 p.
- Mäler, K. G. (2000). Development, ecological resources and their management: A study of complex dynamic systems. *European Economic Review*, 44, 645-665.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC); IICA (Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura); CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por sensores remotos, EC). (2002). *Proyecto de generación de información georeferenciada para el desarrollo sustentable del sector*

- agropecuario. Quito, Ecuador.
- Martínez, A. A. A., Rodríguez, J. M. & Hernández, A. C. (2014). The wetlands landscapes. Conceptual and methodological aspects, for your planning and study. *Mercator (Fortaleza)*, 13(2), 169–191.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2000). *Wetlands*. New York, EE.UU: John Wiley & Sons.
- Molina, E. (2012). Estudio comparativo de los sitios Ramsar en el Ecuador como oferta turística del Patrimonio Natural del Ecuador. *Revista Turismo, Desarrollo y Buen Vivir*, 3, 45-81.
- Moreno-Maroto, J.M. & Alonso-Azcárate, J. (2015). An accurate, quick and simple method to determine the plastic limit and consistency changes in all types of clay and soil: The thread bending test. *Applied clay science*, 114, 497–508.
- Munsell, A. H. (1950). *Munsell book of color*. Baltimore, EE.UU: Munsell Color Company.
- Nelson, D. W. & Sommers, L. E., (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. En A. L. Page. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2 chemical and microbiological properties* (pp. 539-579). Madison, EE.UU: American Society of Agronomy.
- Ortega, F., Guerrero, F. & Parra, G. (2006). Usos del suelo en las cuencas hidrográficas de los humedales del Alto Guadalquivir: importancia de una adecuada gestión. *Limnetica*, 25(3), 723–732.
- Peña-Cortés, F., Gutiérrez, P., Rebolledo, G., Escalona, M., Hauenstein, E., Bertrán, C.,...Tapia, J. (2006). Determinación del nivel de antropización de humedales como criterio para la planificación ecológica de la cuenca del lago Budi, IX Región de La Araucanía, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (36), 75–91. doi: 10.4067/S0718-34022006000200005.
- Perotti, M. G., Diéguez, M. C. & Jara, F. G. (2005). Estado del conocimiento de humedales del norte patagónico (Argentina): aspectos relevantes e importancia para la conservación de la biodiversidad regional. *Revista chilena de historia natural*, 78(4), 723–737. doi: 10.4067/S0716-078X2005000400011.
- Quevedo, O. (2012). Evaluación y Propuesta de Modelo de Gestión en los Humedales Ramsar, Aplicado en el Subsistema Marino Costero del Ecuador. *Revista Res Non Verba*, 2(1), 93-108. Recuperado de <http://biblio.universidadecotec.edu.ec/revista/articulo.php?id=208>
- Pourrut, P., Gómez, G., Bermeo, A. & Segovia, A. (1995). Factores condicionantes de los regímenes climáticos e hidrológicos. En P. Pourrut. (Ed.). *El agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía* (pp. 7-12). Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional, Colegio de Geógrafos del Ecuador.
- PRONAREG-ORSTOM (Programa Nacional de Regionalización Agraria del Ecuador-Oficina de Investigación Científica y Técnica en el extranjero). (1983). Mapa Morfo-Pedológico de Machala [Material cartográfico]. Escala 1:200.000. Quito, Ecuador: Instituto Geográfico Militar.
- Sadzawka, M. A., Carrasco, M. A., Grez, R., Mora, M. L., Flores H. & Neaman, A. (2006). *Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile*. Recuperado de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33998.pdf>
- Sandoval, M., Döerner, J., Seguel, O., Cuevas, J. and Rivera, D. (2012). *Métodos de análisis físico de suelos*. Chillán, Chile: Publicaciones del Departamento de Suelos y Recursos Naturales, Universidad de Concepción.
- Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., Benham, E. C. & Soil Survey Staff. (2012). *Field book for describing and sampling soils, Version 3.0*. Lincoln, EE.UU: Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.
- Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima segunda Edición*. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- Souza, R. V .C. C., Ribeiro, M. R., Souza Junior, V. S., Corrêa, M. M., Almeida, M. C., Campos, M. C. C....Schulze, S. B. B. (2010). Caracterização de solos em um topoclimossequência no maciço de Triunfo - sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 34(4), 1259–1270.
- Travieso-Bello, A. C., Moreno-Casasola, P. & Campos, A. (2005). Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia*, 30(1), 12–18.
- Vargas Rojas, R. (2009). Guía para la descripción de suelos. Cuarta Edición. Roma, Italia: Editorial Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Villaseñor, D., Chabla, J. & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Revista Cumbres*, 1(2), 28-34.
- Williams, W. D. (1999). Conservation of wetlands in drylands: a key global issue. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 9(6), 517–522.