

FIGURA 1. Ubicación de las tres zonas de estudio y coordenadas de los 14 puntos analizados en la provincia de Manabí. (Fuente: Elaboración de los Autores).

Determinación de las Propiedades Hidrofísicas del Suelo

Se realizaron pruebas para determinar la capacidad de campo, la densidad real, la densidad aparente, la porosidad del suelo y velocidad de infiltración. El procedimiento para determinar cada una de las propiedades hidrofísicas se describe a continuación:

Capacidad de campo: Se determinó por el método de la Plazoleta de Inundación. Las muestras de suelo se tomaron después de transcurridas 72 horas de la saturación a partir de considerar que los suelos eran de textura fina y media. Se tomaron tres muestras para cada horizonte de 10 cm de espesor desde la superficie hasta 50 cm de profundidad (5 profundidades:

0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm y 40-50 cm). Lo cual genera un total de 15 muestras de suelo. Esta operación se efectuó para una réplica en la misma plazoleta, lo cual generó un total de 30 muestras (dos perforaciones con 15 muestras en cada perforación como se muestra en la [Figura 2](#)).

Densidad real, densidad aparente y porosidad: Se determinaron a partir de muestras extraídas en una calicata efectuada en el suelo en cada uno de los 14 puntos de estudio (primera imagen de la [Figura 2](#)) y procesadas en el laboratorio según lo establecido en la norma ISO 11272: 2017 ([ISO 11272, 2017](#)).

Velocidad de Infiltración: Se determinó por el método del Infiltrómetro de doble anillo descrito por [CIMMYT \(2013\)](#). Esta técnica es una de las



FIGURA 2. Extracción de muestras y procesamiento en el laboratorio para la determinación de la capacidad de campo, densidad real, densidad aparente y porosidad.

más utilizadas por la poca complejidad que requiere en comparación con las otras formas de evaluación. Consiste en penetrar el suelo con dos anillos de metal colocados de manera concéntrica. Los anillos pueden tener una altura de 30 a 40 cm y diámetros de: 30 a 40 cm (el cilindro interior) y de 50 a 60 cm el cilindro exterior. De manera simultánea se suministra agua en ambos cilindros y se comienzan a realizar mediciones de los niveles de agua en el cilindro interior mediante una regla con un flotante colocada en la parte superior. Se realiza un registro de los niveles infiltrados y de los suministros de agua para mantener los niveles estables en ambos cilindros a lo largo del tiempo (Figura 3). Las mediciones finalizan cuando se evidencia una infiltración estable a lo largo del tiempo. Se utilizó la expresión matemática descrita por Kostiakov-Lewis y citada por Landini *et al.* (2017).

RESULTADOS Y DISCUSION

Comportamiento de la Capacidad de Campo

En la Figura 4, se puede apreciar el comportamiento de la Capacidad de Campo en las tres zonas de estudio. En la Figura 4-A se observa cómo se comportó la capacidad de campo en los ocho puntos analizados en Chone. Es evidente una estabilidad de este parámetro hasta los 20 cm de profundidad, donde se registran valores que oscilan entre 32 y 43% del peso de suelo seco (pss). A partir de los 30 cm de profundidad ocurre una mayor dispersión de estos resultados que abarcan un margen de 15 a 55% pss. Un aspecto pendiente a analizar en futuros estudios de esta propiedad debe estar orientado al efecto del hombre en la alteraciones la retención de humedad del suelo asociado al cambio de uso del suelo (Daza *et al.*, 2014). La

mayor estabilidad de este parámetro en todo el perfil de suelo se observó en las zonas de San Ramón (Figura 4-B) y Mapasingue (Figura 4-C). El valor promedio de Capacidad de Campo obtenido en Chone fue de 37,43% pss, mientras que para San Ramón se obtuvo un promedio de 37,06% pss y para Mapasingue fue de 34,51% pss.

Comportamiento de la Densidad Real

El comportamiento de la Densidad Real en todos los puntos se resume en la Figura 5. Como consecuencia de irregularidades durante el procesamiento en el laboratorio se prescinde de la muestra del punto MP-1.

Se puede apreciar que la Densidad Real obtenida en los suelos de Chone (Figura 5-A) es ligeramente superior a la de los suelos en San Ramón y Mapasingue (Figuras 5-B y 5-C). En todos los casos estos valores resultaron bastante estables con el incremento de la profundidad. El valor promedio de la Densidad Real obtenido en Chone fue de 2,48 g/cm³, mientras que para San Ramón se obtuvo un promedio de 1,85 g/cm³ y para Mapasingue fue de 2,12 g/cm³. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Volverás *et al.* (2016), quienes observaron una disminución de esta propiedad con la profundidad.

Comportamiento de la Densidad Aparente

La Densidad Aparente se comportó acorde a lo reflejado en la Figura 6. Como consecuencia de irregularidades durante el procesamiento en el laboratorio se prescinde de las muestras de los puntos CH-3 y MP-1.

En la Figura 6-A se observa que la Densidad Aparente obtenida en los suelos de Chone también es ligeramente superior a la de los suelos en San Ramón y Mapasingue (Figuras 6-B y 6-C). En todos los casos estos valores resultaron



FIGURA 3. Colocación de los Anillos de Infiltración para la determinación de Velocidad de Infiltración en uno de los puntos de observación.

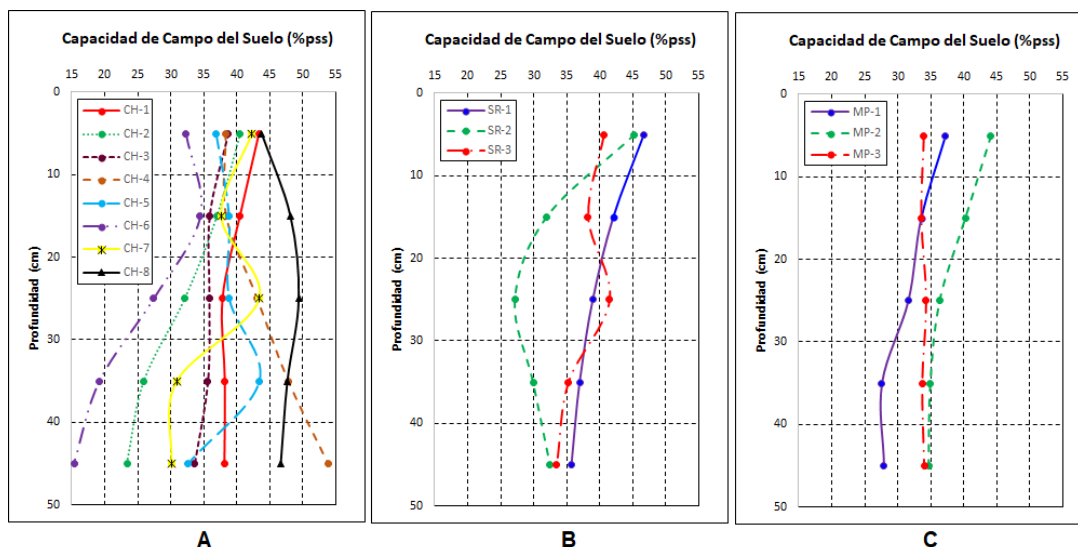


FIGURA 4. Comportamiento de la Capacidad de Campo en las tres zonas de estudio: A- Chone, B- San Ramón y C- Mapasingue.

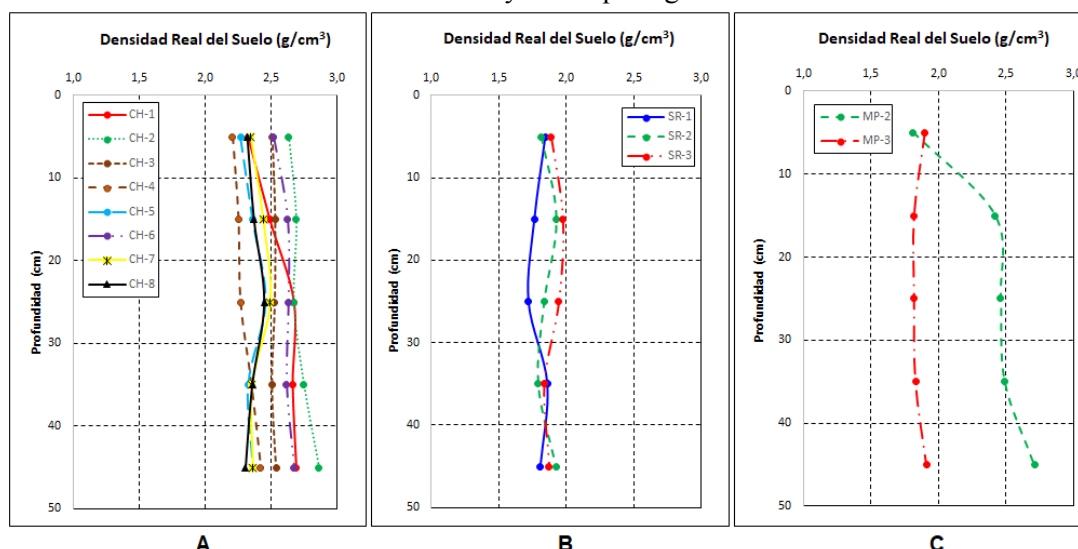


FIGURA 5. Comportamiento de la Densidad Real en las tres zonas de estudio: A- Chone, B- San Ramón y C- Mapasingue.

bastante estables con el incremento de la profundidad. El valor promedio de la Densidad Aparente obtenido en Chone fue de $1,12 \text{ g/cm}^3$, mientras que para San Ramón se obtuvo un promedio de $1,05 \text{ g/cm}^3$ y para Mapasingue fue de $1,09 \text{ g/cm}^3$.

Según la evaluación de este parámetro emitida por Cairo (2003)¹, estos valores clasifican como "bajos" al estar comprendidos entre 1 y $1,2 \text{ g/cm}^3$. También se corresponden con el intervalo declarado de este parámetro para los suelos de textura arcillosa según la [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México](#)

(2002), donde se establece un intervalo de 1 a $1,19 \text{ g/cm}^3$ para esta textura de suelos.

Comportamiento de la Porosidad

En la [Figura 7](#) se muestra el comportamiento de la porosidad por estratos hasta 50 cm de profundidad. En la [Figura 7 A](#) se refleja que la mayor porosidad se obtuvo en los suelos de Chone osciló en un intervalo del 49 al 55% con un valor promedio de 52,32%. En las [Figuras 7-B y 7-C](#) se muestran los valores de porosidad en San Ramón y en Mapasingue con valores promedio de 42,59% y 48,05% respectivamente.

1. CAIRO, P.: *Fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica del trópico*, 34pp., CD Biblioteca Universidad Central de las Villas (UCLV), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2003.

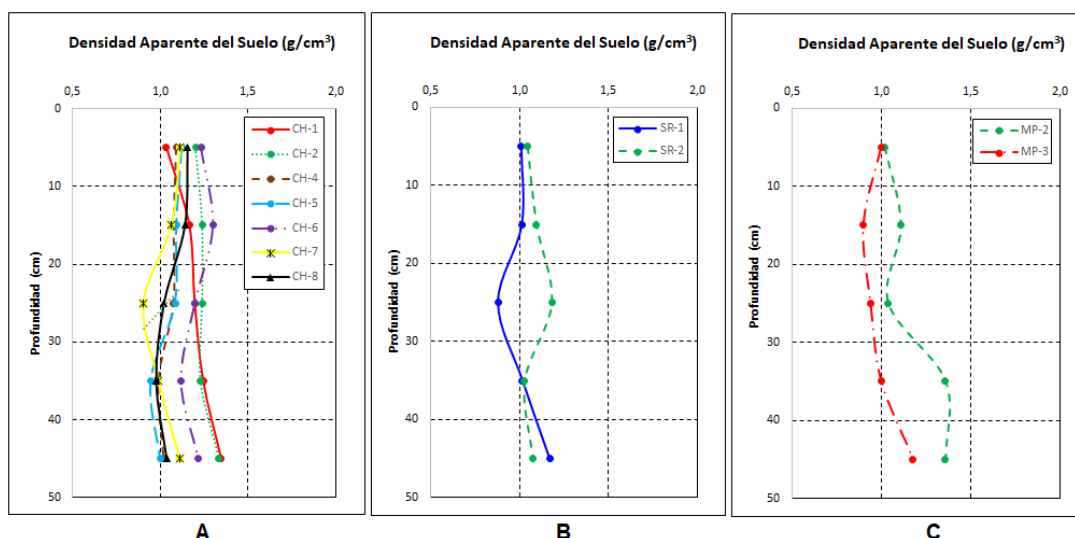


FIGURA 6. Comportamiento de la Densidad Aparente en las tres zonas de estudio: A- Chone, B- San Ramón y C- Mapasingue.

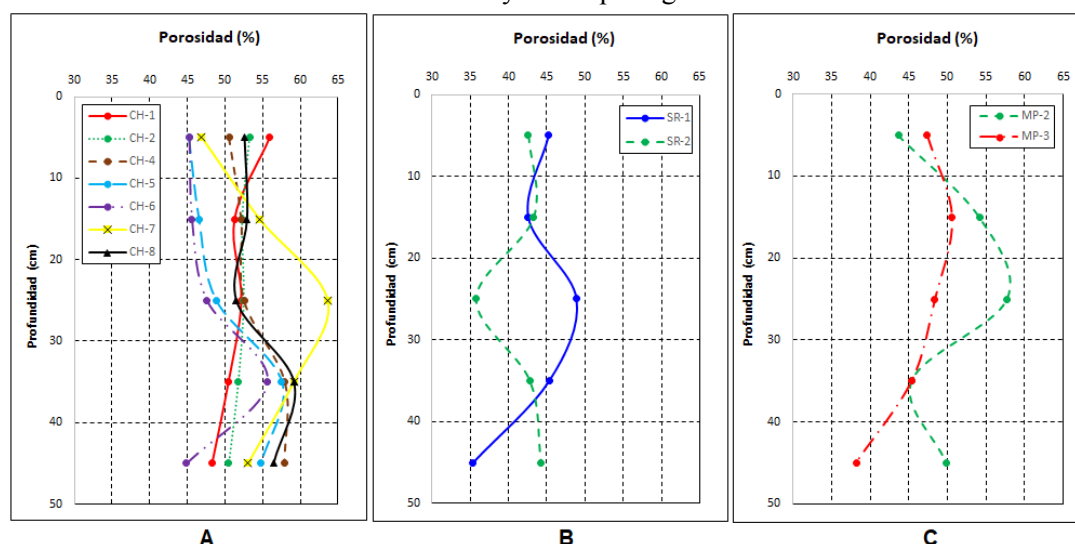


FIGURA 7. Comportamiento de la Porosidad en las tres zonas de estudio: Chone, B- San Ramón y C- Mapasingue.

Un aspecto importante que debe considerarse al evaluar la porosidad de los suelos, es el efecto de los sistemas de labranza (Leyva *et al.*, 2014), asociados al uso de la tierra que deberá ser evaluado en cada zona para futuros estudios y que guarda una estrecha relación con la velocidad de infiltración.

Comportamiento de la Velocidad de Infiltración

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de la Velocidad de Infiltración Acumulada en los 14 puntos que se evaluaron. Como se evidencia en la Figura 8-A, en Chone existen dos tipos de suelos diferenciados por su velocidad de infiltración. Los puntos CH-5 y CH-6 muestran velocidades de infiltración inferiores a los 20

mm/min. Este comportamiento contrasta con las velocidades de infiltración que se obtuvieron en los seis puntos restantes en Chone donde se alcanzan velocidades de infiltración al inicio de las pruebas entre 45 y 100 mm/min. Un aspecto interesante resulta al observar que estos mismos puntos fueron los que menor valor de porosidad reflejaron en los primeros estratos en Chone (Figura 7-A). Los suelos de San Ramón y Mapasingue también mostraron velocidades de infiltración muy bajas que no sobrepasan los 10 mm/min al inicio de las pruebas y luego se estabilizan en valores inferiores.

La velocidad de infiltración estabilizada a los 60 minutos de prueba en los puntos de baja velocidad en Chone no sobrepasó los 1,5 mm/

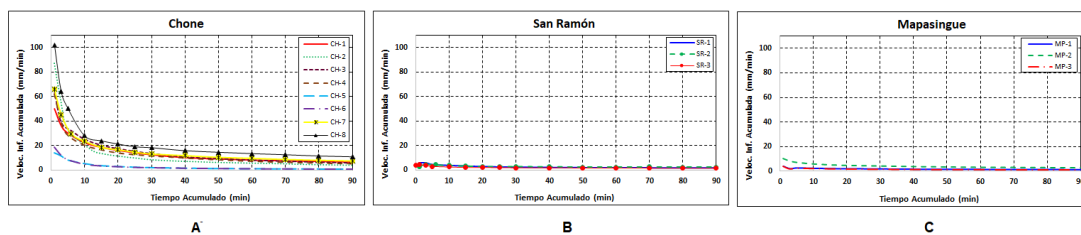


FIGURA 8. Comportamiento de la Velocidad de Infiltración Acumulada en las tres zonas de estudio: A- Chone, B- San Ramón y C- Mapasingue.

min. En igual lapso de tiempo, en San Ramón y Mapasingue se alcanzaron valores muy cercanos a los anteriores sin que se llegara a superar los 2,5 mm/min de velocidad de infiltración. Aunque no fue un objetivo de este estudio analizar el vínculo textura-infiltración del agua en el suelo, se observó poca relación entre estas propiedades, lo cual coincide con los resultados obtenidos por [Hernández et al. \(2017\)](#) y [Landini et al. \(2017\)](#), estos últimos concluyeron que "Las diferencias observadas en las tasas de infiltración se atribuirían, más allá de la clasificación del suelo, a otros factores tales como el uso de la tierra y la influencia de la carga animal.

Estos resultados son de vital importancia si se pretende regar en dichas zonas con sistemas de riego por aspersión ya que es preciso garantizar que la intensidad de aplicación del agua no supere a la velocidad de infiltración en estos suelos.

CONCLUSIONES

- El valor promedio de Capacidad de Campo obtenido en Chone fue de 37,43% pss, muy cercano al valor obtenido en San Ramón de 37,06% pss, a diferencia de Mapasingue donde solo se alcanzó 34,51% pss.
- La Densidad Real promedio obtenida en Chone fue de 2,48 g/cm³, mientras que para San Ramón se obtuvo un promedio de 1,85 g/cm³ y para Mapasingue 2,12 g/cm³.
- El valor promedio de la Densidad Aparente obtenido en Chone fue de 1,12 g/cm³, el valor más bajo se obtuvo en San Ramón con 1,05 g/cm³ y en Mapasingue se obtuvo la cifra de 1,09 g/cm³.
- La mayor porosidad se obtuvo en los suelos de Chone y osciló entre el 49 y el 55% con un valor promedio de 52,32%. Los valores de porosidad promedio en San Ramón y en

Mapasingue fueron de 42,59% y 48,05% respectivamente.

- Se detectó que existen dos tipos de suelos bien diferenciados en su velocidad de infiltración en Chone. La velocidad de infiltración estabilizada a los 60 minutos de prueba en los puntos de baja velocidad no sobrepasó 1,5 mm/min. En igual lapso de tiempo, en San Ramón y Mapasingue se alcanzaron valores muy cercanos a los anteriores sin que se llegara a superar los 2,5 mm/min de velocidad de infiltración. Otra zona de suelos en Chone alcanza velocidades de infiltración estabilizada por encima de los 10 mm/min, lo cual la hace factible para el riego por aspersión.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los Ingenieros José Darío Zambrano Gómez, Luis Alberto Moncayo Zambrano, Jonathan Ricardo Flecher Ponce, Carlos Geovanny Moreira Muñoz y a la Dra. Jacqueline Domínguez Gutiérrez por el apoyo brindado en la extracción de muestras de suelo durante este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRERA, V.D.; GUEVARA, G.P.V.; GUALICHICOMIN, J.G.N.: *Caracterización Físico-Química desde el punto de vista Agrícola de los suelos en la zona de Riego del Proyecto Multipropósito Chone*, [en línea], 2017, Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/277004400>, [Consulta: 24 de mayo de 2018].
- CIMMYT: *Infiltración. Guía útil para comparar las prácticas y manejo del cultivo*, [en línea], Inst. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, España, 2013, Disponible en: <http://conservacion.cimmyt.org/es/component/>

- [docman/doc_download/1141](#) , [Consulta: 26 de abril de 2018].
- DAZA, T.M.; HERNÁNDEZ, F.F.; TRIANA, F.A.: “Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz-Colombia”, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(1): 7189-7200, 2014, ISSN: 0304-2847. E-ISSN: 2248-7026, DOI: 10.15446/rfnam.
- HERNÁNDEZ, J.A.; VERA, M.L.; NAVEDA, B.C.A.; GUZMÁN, C.A.M.; VIVAR, A.M.; ZAMBRANO, T.R.; MESÍAS, G.F.; ORMANZA, K.; LEÓN, A.R.V.; LÓPEZ, A.G.A.: “Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador”, *Cultivos Tropicales*, 38(1): 50-56, 2017, ISSN: 0258-5936, E-ISSN: 1819-4087.
- ISO 11272: Soil Quality- Determination of dry bulk density, vol. ISO 11272: 2017, Vig. de 2017.
- LANDINI, A.M.; MARTÍNEZ, D.; DÍAS, H.; SOSA, E.; AGNES, D.; SAINATO, C.: “Modelos de Infiltración y Funciones de Pedotransferencia aplicados a suelos de distinta textura”, *Ciencias del Suelo*, 25(2): 123-131, 2017, ISSN: 0326-3169, E-ISSN: 1850-2067.
- LEYVA, S.L.; MASAGUER, A.; BALDOQUIN, A.: “Efecto de sistemas de labranza en luvisoles dedicados a la producción de pastos”, *Pastos y Forrajes*, 37(4): 408-412, 2014, ISSN: 2078-8452.
- MAGAP: *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2011-2026* , [en línea], Inst. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Subsecretaría de Riego y Drenaje, Ecuador, 22 p., 2012 , Disponible en: Disponible en: <http://hit.senplades.gob.ec/documents/20182/30669/Acuerdo342PLANNACIONALDERIEGOYDRENAJE2012-2026.pdf/7110f9ba-56f0-4bde-8ea0-867a402b4f26> , [Consulta: 21 de junio de 2018].
- MORALES, G.A.E.; VILORIA, R.J.A.: “Confiablez de modelos de regresión para predecir retención de agua en suelos de la cuenca alta del río Guárico, Venezuela”, *Edafología*, 14(1, 2, 3): 19-24, 2007, ISSN: 1135-6863.
- PÉREZ, L.R.; CABRERA, E.E.; HINOSTROZA, G.M.I.; MANZABA, C.J.R.: “El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: estudio climatológico”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1): 5-12, 2018a, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- PÉREZ, L.R.; CEDEÑO, C.H.G.; ZAMBRANO, G.J.D.; CABRERA, E.E.; MOREIRA, M.C.G.: *El Riego en el Proyecto Multipropósito Chone: Estudio de las Propiedades Hidrofísicas de los Suelos. La Producción Científica desde las Ingenierías . ULEAM, [en línea], Ed. Mar Abierto, Manta, Manabí, Ecuador, 62-63 p., 2018 b, ISBN: 978-9942-77-510-8, Disponible en: Disponible en: https://issuu.com/marabiertouleam/docs/la_produccion_cientifica_desde_las , [Consulta: 12 de julio de 2018]*
- PRIETO, M.J.; PRIETO, G.F.; ACEVEDO, S.O.A.; MÉNDEZ, M.M.A.: “Indicadores e Índices de Calidad de los Suelos (ICS) Cebaderos del Sur del Estado de Hidalgo, México”, *Agronomía Mesoamericana*, 24(1): 83-91, 2013, ISSN: 1021-7444, E-ISSN: 2215-3608.
- RAPER, T.B.; HENRY, C.G.; ESPINOZA, L.; ISMANOV, M.; OOSTERHUIS, D.M.: “Response of Two Inexpensive Commercially Produced Soil Moisture Sensors to Changes in Water Content and Soils Texture”, *Agricultural Sciences*, 6(10): 1148-1163, 2015, ISSN: 2156-8553, E-ISSN: 2156-8561, DOI: 10.4236/as.2015.610110.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE MÉXICO: Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis, ser. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Inst. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, México, D.F., 14 p., 2002.
- VOLVERÁS, M.B.; AMÉZQUITA, C.E.; CAMPO, Q.J.M.: “Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del

departamento de Nariño, Colombia”,
Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria,
17(3): 361-377, 2016, ISSN: 0122-8706, E-
ISSN: 2500-5308, DOI: 10.21930.

Ramón Pérez-Leira, Docente-Investigador, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Facultad de Ingeniería, Manta, Manabí, Ecuador, e-mail: rperezleira@gmail.com

Eric Cabrera-Estupiñán, e-mail: ecabrerae@gmail.com

Héctor Germán Cedeño-Caicedo, e-mail: rperezleira@gmail.com

Henry Emilio Delgado-Anchundia, e-mail: rperezleira@gmail.com

Adrián Ricardo Mendoza-Briones, e-mail: rperezleira@gmail.com

Luis Eduardo Chávez-García, e-mail: rperezleira@gmail.com

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.