



Comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE

Spatial and temporal soil salinity of the Manglaralto UPSE Support Center



José Luis Lino-Suárez¹, Carlos Balmaseda-Espinosa²,
Daniel Ponce de León-Lima²

¹ Graduado de Ingeniero Agropecuario en la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

² Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

DOI: <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v5i1.483>



Resumen

El estudio se realizó en zonas con aptitud agrícola del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE con una superficie aproximada de 11.6 hectáreas, localizado en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena, la precipitación promedio anual de 385.2 mm y una temperatura media de 23.4 °C. Se evaluó el comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos por medio de la Conductividad Eléctrica (CE) en 40 puntos de muestreo a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 50 cm. El muestreo fue realizado en diciembre del 2018 y mayo del 2019. Los análisis de 20 muestras fueron realizados por

dos técnicas, el extracto de pasta de saturación y con una solución de suelo-agua 1:5, con el fin de encontrar el modelo de mejor ajuste y de esa forma estimar los valores CE en pasta saturada a partir de las mediciones en laboratorio de la CE en una solución agua:suelo 1:5. Con los resultados obtenidos se realizó la interpolación de la CE por el método *Moving Average* (promedios móviles), en donde en suelos a profundidades de 0 a 20 se encontraron tenores máximos de 2.32 y 0.91 dS/m en los meses de diciembre y mayo respectivamente. A las profundidades de 20 a 50 cm esos valores fueron mayores. Se asume que el agua de riego con una CE promedio en octubre de 4.1 dS/m es una de las principales fuentes de acumulación de sales en los suelos, al mismo tiempo que lixivia las sales en épocas de regadío.

Palabras clave: *Suelos, Agua, Conductividad eléctrica, Interpolación.*

Abstract

This study took place in agricultural areas of the Manglaralto UPSE Support Center in the Manglaralto parish of the Santa Elena canton. The area is approximately 11.6 hectares, with an average annual rainfall of 385.2 mm and an average temperature of 23.4 °C. Means of Electrical Conductivity evaluated the spatial and temporal soil salinity (EC) at 40 sites from 0 to 20 cm and 20 to 50 cm depths. Sampling happened in December 2018 and May 2019. The analyses of 20 samples were performed with two techniques: the saturation paste extract and a 1:5 soil-water solution. The aim was to find the best fitting model and thus estimate the EC values in the saturated paste from laboratory measurements of the EC in a 1:5 soil-water solution. The results obtained and the Moving Average method was used to perform an EC interpolation. With maximum values of 2.32 and 0.91 dS/m in soils at depths of 0 to 20 in December and May, respectively. At 20 to 50 cm depths, the values were higher. It is assumed that irrigation water with an average EC of 4.1 dS/m in October is one of the primary sources of soil salt accumulation, while lixiviate salts during irrigation periods.

Keywords: *Soil, Water, Electrical Conductivity, Interpolation*

Introducción

La salinidad en los suelos es uno de los principales problemas que afecta directamente a la producción de alimentos a escala mundial. Registros históricos indican que hubo grandes migraciones causadas por este problema en áreas cultivables. Se estima que alrededor de 10% a nivel mundial y entre un 25 - 50% de zonas de regadío estaban salinizadas en la década de los 90 provocada por la intervención antrópica. En la actualidad es un problema que se agudiza cada día por falta de conciencia ambiental, explotación irracional de recursos hídricos y otros factores edafoclimáticos que influyen en la salinidad de los suelos según Lamz y González [1].

Mercado *et al.* [2] señalan que el inadecuado manejo de láminas de riego, altas precipitaciones y los tipos de suelos son factores que provocan diferentes problemas de drenaje y salinización en áreas agrícolas, entre estos la degradación y la disminución del potencial productivo de los suelos.

Para Combatt *et al.* [3] en la actividad agropecuaria se pueden presentar problemas de salinidad generados por un nivel freático poco profundo, es decir, que se encuentre a menos de dos metros de la superficie del suelo, ocasionados por las sales que se acumulan en el agua freática, que con frecuencia se convierten en una fuente importante de sales, que por efecto de la capilaridad se mueven hacia arriba, depositándose finalmente en la zona de crecimiento radicular de los cultivos.

Para estudios de salinidad, los suelos tradicionalmente son evaluados a partir de la conductividad eléctrica (CE) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), ambos se obtienen mediante la aplicación del método de extracción a partir de una pasta de saturación resultando en la clasificación de los suelos como suelos no salinos, suelos salinos, suelos sódicos y suelos salino-sódicos [4].

Según Porta *et al.* [5] y Silva [6] citados por Combatt *et al.* [3] para el estudio de las aguas existen varias formas de clasificación, la mayoría basadas en la relación de adsorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica (CE), siendo el método más empleado el estudio de la CE para representar la concentración de las sales solubles en agua, esto se manifiesta por el inverso de la resistividad eléctrica que es la capacidad que tiene el agua para conducir electricidad, la cual crece de manera proporcional a medida que aumenta la concentración de sales.

La provincia de Santa Elena se caracteriza por ser una zona semiárida, debido a sus características edafoclimáticas presenta problemas de salinización en los suelos. La salinidad es provocada por los bajos niveles de precipitación, que según García *et al.* [7] entre los años 1982-2011 la precipitación media fue de 260.4 mm/año, distribuida en una estación lluviosa en los meses de diciembre a mayo, y una estación seca de junio a noviembre. Este fenómeno se repite periódicamente cada año, trayendo como consecuencias niveles de producción muy inferiores en comparación con otras zonas, siendo uno de los mayores problemas en áreas bajo riego debido a la presencia de suelos afectados por la salinidad, lo cual conlleva a una constante disminución de la producción agropecuaria [8].

Según el MAG [9] la superficie total cultivada en la provincia de Santa Elena es de 15351 ha aproximadamente, en las cuales existen dos problemas que enfrenta el ecosistema, uno de ellos es el aumento de la salinidad en el suelo provocada por el uso de sistemas inadecuados de irrigación con aguas de baja calidad, y la deficiente disponibilidad de agua de riego, debido a las escasas precipitaciones en relación al consumo de los cultivos. Ante esta situación, para suplir las necesidades hídricas de las plantas las aguas son extraídas, en algunas

zonas, de pozos que están cerca de los cultivos, pudiéndose considerar que contienen un porcentaje de agua reciclada [10].

Investigaciones realizadas por Villón [11] demuestran que la salinidad de las aguas del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE, han ido empeorando en los últimos años, prueba de ello es que hasta el año 2010 su clasificación era de C3S1, notándose el incremento de la conductividad eléctrica a niveles críticos, produciendo antagonismos en la absorción de nutrientes en las plantas en el año 2016 en el que se clasificaron como C5S1, con valores de conductividad superiores a 4 dS/m en el período seco.

El Centro de Apoyo Manglaralto UPSE es un área que sirve para investigación y producción agropecuaria, cuenta con cultivos de ciclo corto y cultivos perennes, además de pastos para la alimentación de ganado bovino, caprino y porcino, por lo que se considera de gran importancia un estudio de salinidad de los suelos y así optimizar la producción generada en dicha zona.

Con los antecedentes mencionados el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento espacial y temporal de la salinidad de los suelos del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

Materiales y métodos

Ubicación y descripción del sitio

El estudio se realizó en las áreas agrícolas del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE, que se encuentra ubicado en la parroquia Manglaralto, 55 km al norte de la ciudad de Santa Elena, provincia del mismo nombre. Las coordenadas UTM, de un punto central, corresponden a 9796375 Sur y 528964 Este, zona 17S Datum WGS 1984; posee una altura de 11 msnm y una topografía plana con pendiente menor al 1%. En la Figura 2.1. se puede apreciar la macrolocalización del área de estudio.

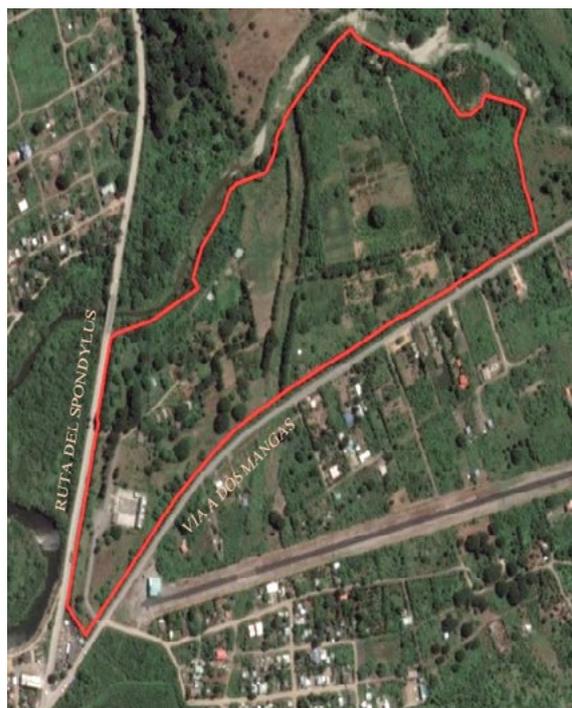


Figura 1. Ubicación del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

El Centro de Apoyo Manglaralto UPSE cuenta con una extensión aproximada de 22.6 ha, las cuales están divididas para usos productivos, tales como: uso forestal, cultivos perennes, cultivos de ciclo corto, pastizales y producción pecuaria.

La parroquia de Manglaralto se caracteriza por presentar dos épocas al año desde el punto de vista del clima: húmeda comprendida por los meses de enero a abril y seca los meses de mayo a diciembre, el promedio de precipitaciones anuales es de 385 mm. Las temperaturas medias son de 23.4° C, con mínimas de 21.1° C en los meses de julio y agosto y máximas de 26° C en marzo. La evaporación alcanza 1459 mm en el año como promedio [12].

Características de los suelos

Los suelos que predominan en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE son de textura franco arcillo limoso, con un pH de 7.7 (ligeramente alcalino). Los contenidos de nitrógeno son medios, mientras que fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre son altos [13].

Determinación de puntos de muestreo de suelos

La superficie del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE tiene diversas clases de usos de los suelos: Agricultura, Agropecuaria, Pecuaria, Conservación y Protección, Antrópico (edificaciones) y un área destinada al paso del oleoducto perteneciente a Petroecuador como se puede observar en la Figura 2.

La ubicación de los puntos de muestreo, para la ejecución de la investigación, se hizo a partir de la identificaron en el campo de las zonas que están siendo cultivadas y que mantienen una constante frecuencia de riego, la base cartográfica empleada fue la capa de uso de los suelos que se halla en el sistema de información geográfica desarrollado.



Figura 2. Mapa de uso de suelos del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

La superficie considerada en el estudio es de 11.6 ha. En ella se crearon cuadrículas a distancias

de 50 x 50 m (debido a que el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE cuenta con poca pendiente), marcando cada intersección formada con un punto, obteniendo un total de 40 puntos de muestreo (Figura 2).

Toma de muestras de suelos

Se realizaron dos muestreos de suelos durante la ejecución de la investigación, el primero en el mes de diciembre (final de la época seca) y el segundo en el mes de mayo (final de la época húmeda).

Para la toma de muestras en cada punto se limpió un área de 1 x 1 m, en donde el punto central fue marcado con el GPS, luego se procedió a recolectar una muestra compuesta bajo un esquema de tres repeticiones de los primeros 20 cm de suelo y otra en la capa de 20 a 50 cm de profundidad. Cada muestra fue registrada, embolsada y etiquetada para su análisis de laboratorio.

Análisis de suelos

La conductividad eléctrica (CE) del extracto de pasta saturada es uno de los indicadores más empleados para determinar la salinidad de los suelos, sin embargo, en los laboratorios de la Universidad Estatal Península de Santa Elena no es posible hallarla.

Por la razón antes mencionada, se realizó la calibración mediante un análisis de regresión, en donde se buscó encontrar la relación que existe entre la CE del extracto de pasta saturada y la CE cuando se emplea una solución 1/5, es decir, una parte de suelo y cinco de agua.

Se envió un total de 20 muestras al Laboratorio de Suelo-Agua-Planta de la Universidad Agraria del Ecuador, a las que se les determinó la conductividad eléctrica mediante el método de pasta saturada. A esas mismas muestras se les halló la CE en una solución de suelo-agua de 1/5.

Una vez obtenidos los resultados del Laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador y el Laboratorio del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la UPSE, se analizaron mediante la técnica estadística de regresión lineal utilizando el software *InfoStat*, con el fin de desarrollar una ecuación a partir de la cual se pueda predecir el valor de una variable conociendo la otra.

A partir de las ecuaciones resultantes, se recalcularon los valores medidos en los muestreos realizados en los meses de diciembre del 2018 y mayo del 2019, en el Laboratorio del CIAP por medio de las fórmulas obtenidas, y los resultados fueron

registrados para el posterior análisis generados por los mapas temáticos.

Desarrollo de un SIG

Con el objetivo de facilitar el manejo de la información espacial se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG), para ello se aprovecharon las bondades de interoperabilidad que poseen los softwares QGIS e ILWIS.

En la Tabla 1 se presentan las características de las capas informativas que conforman el SIG desarrollado y los atributos las caracterizan.

Tabla 1. Capas informativas del SIG desarrollado en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Nombre	Representación	Tipo	Dominio	Atributos	Dominio Atributo
Perímetro Centro	Vectorial	Polígono	Identificador		
Perímetro área de muestreo	Vectorial	Polígono	Identificador		
Uso de suelos	Vectorial	Polígono	Clases	Tipo de uso	Clases
CE_UPSE_Ma	Vectorial	Punto	Identificador	CE Dic2018_20 CE Dic2018_20-50 CE May2019_20 CE May2019_20-50	Numérico
Google Satellite	Raster	Pixel			

Interpolación de la salinidad de los suelos

Con el fin de crear mapas temáticos que contribuyan a entender el comportamiento espacial y temporal de los suelos del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE se realizó la interpolación de los puntos de muestreo.

Con las herramientas del módulo de *Statistics* del software ILWIS, específicamente la *Spatial Correlation* de mapas de puntos se intentó deter-

minar la posible relación espacial entre los datos obtenidos en cada muestreo de salinidad y de esa manera seleccionar el método más apropiado para la interpolación.

En la Figura 3 se puede observar uno de los semivariogramas resultantes, se probaron varios distancias (lag), en el cual es posible apreciar que no existe relación espacial para la CE.

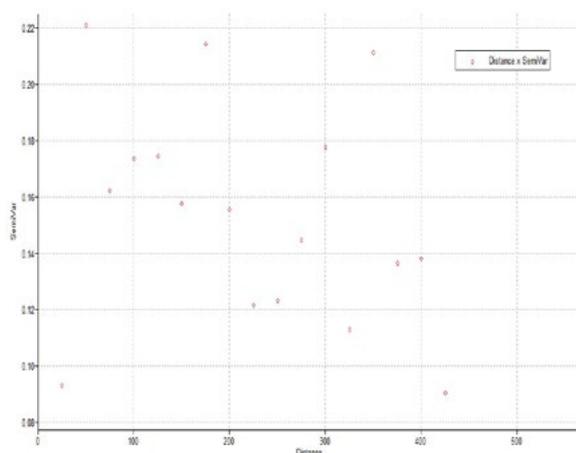


Figura 3. Semivariograma de la conductividad eléctrica para un lag de 25 m.

Dado que no existe correlación espacial en los datos de Conductividad Eléctrica se seleccionó el método *Moving Average* (promedios móviles) para la interpolación de los distintos mapas temáticos.

Elaboración de mapas temáticos de salinidad

Con la información generada se realizaron mapas temáticos de la salinidad de los suelos a profundidades de 0 a 20 cm y 20 a 50 cm, con el fin de analizar su variación espacio temporal, usando los softwares ILWIS y QGIS.

En cada caso se crearon representaciones que ayudan a identificar los rangos de salinidad según la CE encuentran las áreas del Centro de Apoyo Manglaralto.

Resultados y discusión

Calibración mediante análisis de regresión para muestras de suelo

En la Tabla 2 se exponen los resultados de CE conseguidos por los métodos de pasta saturada y solución suelo-agua 1/5, datos que fueron usados para la obtención de la ecuación de regresión para las muestras a la profundidad de 0 – 20 cm.

Tabla 2. Resultados utilizados para la obtención de la ecuación de regresión para suelos de 0-20 cm.

No. de muestreo	CE pasta saturada (dS/m)	CE Solución suelo-agua 1/5 (dS/m)
1	0.41	0.11
6	1.86	0.32
11	1.26	0.28
15	0.67	0.14
16	1.25	0.26
18	1.70	0.30
22	0.69	0.20
27	0.61	0.18
33	0.46	0.11
38	0.47	0.14

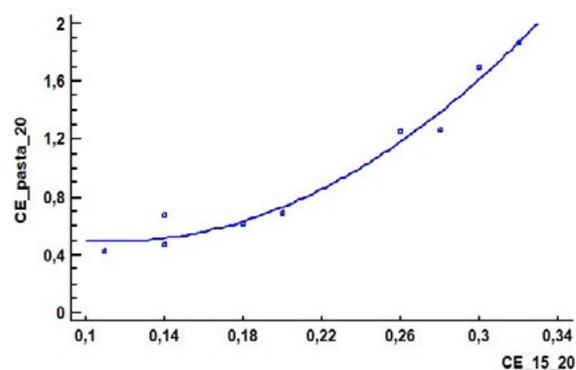


Figura 4. Ajuste para profundidad de suelos de 0-20 cm.

En la Figura 4 se observa el diagrama de dispersión resultante de los datos de CE obtenidos por los dos métodos ensayados, en el eje de las abscisas está la CE con la relación 1:5 y en las ordenadas la CE en pasta saturada. El mejor ajuste se logró con un polinomio de segundo grado, cuyo coeficiente de determinación R^2 fue de 0.97, lo cual significa que existe una certeza de un 97% de que los valores obtenidos sean similares a los obtenidos mediante el método de extracto de saturación. La ecuación obtenida fue la siguiente:

$$CE_{ext\ 0-20} = 0.916157 - 7.44101 * CE_{1:5\ 0-20} + (32.5811 * CE_{1:5\ 0-20})^2$$

Morales y Vilorio [14] indican que los modelos de regresión lineal con coeficientes de determinación mayores a 90% ofrecen predicciones más exactas y precisas en valoraciones de análisis de suelos.

Análisis de regresión del muestreo a una profundidad de 20-50 cm

En la Tabla 4 se pueden observar los resultados de CE obtenidos mediante los métodos de extracto de saturación y solución suelo-agua 1/5, estos datos se usaron para la determinación de la ecuación de regresión para muestras a una profundidad de 20 – 50 cm.

Tabla 4. Resultados utilizados para la obtención de la ecuación de regresión para suelos de 20-50 cm.

No. de muestreo	CE pasta saturada (dS/m)	CE Solución suelo-agua 1/5 (dS/m)
1	1.12	0.22
6	1.61	0.29
11	1.02	0.20
15	0.56	0.16
16	1.13	0.20
18	1.77	0.31
22	0.51	0.15
27	0.50	0.13
33	0.35	0.10
38	0.44	0.11

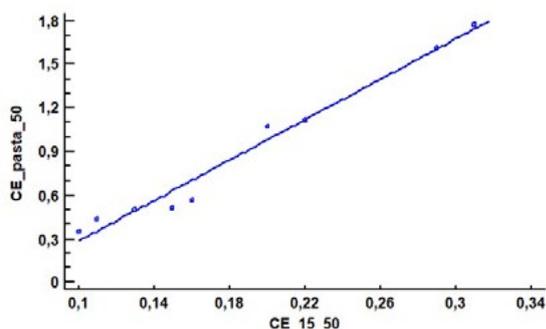


Figura 5. Ajuste para profundidad de suelos de 20-50 cm.

En la Figura 5 se observa un diagrama de dispersión de los resultados obtenidos por ambos métodos. Para esta profundidad la ecuación de la recta es la de mejor ajuste, con un coeficiente de determinación R^2 de 0.97, lo que indica que hay un 97% de certeza de que los valores resultantes de la ecuación sean parecidos a los obtenidos mediante el extracto de saturación, la ecuación es la siguiente:

$$CE_{ext\ 20-50} = -0.410849 + 6.96266 * CE_{1:5\ 20-50}$$

Análisis de CE del suelo de muestreo realizado a la profundidad de 0-20 cm

En la conductividad eléctrica (CE) de los suelos a una profundidad de 0 – 20 cm, se registran en el mes de diciembre del 2018 suelos normales (no afectados por sales, $CE < 1$ dS/m) a suelos con salinidad ligera (2 – 4 dS/m). Este tipo de suelos ocupan el 89.66% (10.4 hectáreas) de la superficie del terreno. En segundo lugar están los suelos con CE muy ligera con el 10.34% (1.2 hectáreas).

En el muestreo realizado en el mes de mayo del 2019, los suelos normales se incrementaron al 100% del terreno (11.6 hectáreas), indicando que los suelos con salinidad muy ligera disminuyeron su nivel de CE llegando a ser normales.

Se determinó mediante una prueba de Friedman con una significancia de $P < 0.05$, que existe una diferencia significativa entre los muestreos realizados en los meses de diciembre del 2018 y mayo del 2019 (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de Friedman para suelos a una profundidad de 0-20 cm.

Muestreo	Suma	Media	n	Sign.
Mayo 2019	45.5	1.14	40	a
Diciembre 2018	74.5	1.86	40	b

De acuerdo a datos tomados por la CENAIM¹ entre los meses de diciembre del 2018 y mayo del 2019, en la parroquia Manglaralto se registraron precipitaciones de 4,7 mm, siendo considerado como nivel muy bajo de precipitación, por lo tanto la disminución de la salinidad de los suelos en los 20 cm superiores al comparar ambos muestreos, probablemente se deba al lavado generado por el riego de los cultivos.

En los mapas temáticos del mes de diciembre del 2018 (Figura 6) se observa que las zonas con el nivel más alto son las del cultivo de cacao (2.32 dS/m), mientras que en mayo del 2019 (Figura 7) los niveles de CE descienden hasta valores normales.

Según FAO [15], cultivos como el frijol tienen una disminución en su rendimiento con una CE superior a 1.5 dS/m. Zambrano [16] indica que para suelos con CE inferiores a 2, los efectos en los cultivos pueden ser casi nulos, mientras que superiores a 2 dS/m podrían afectar a cultivos sensibles. Basados en estos planteamientos se puede pronosticar que la salinidad de los suelos del Centro de Apoyo Manglaralto no constituye un peligro potencial para el desarrollo de los cultivos.

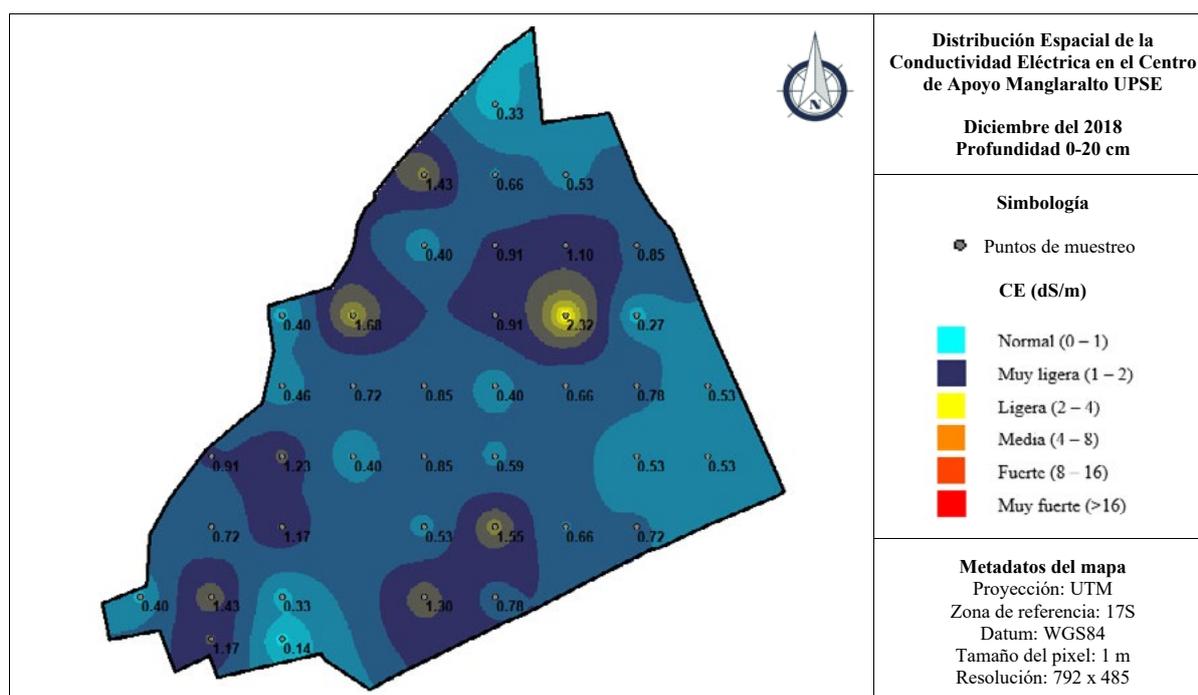


Figura 6. Mapa temático de CE de los suelos de diciembre del 2018 a una profundidad de 0-20 cm.

¹ Datos de la Estación Meteorológica de la CENAIM (Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas) de la ESPOL, San Pedro, Manglaralto. Junio 2019.

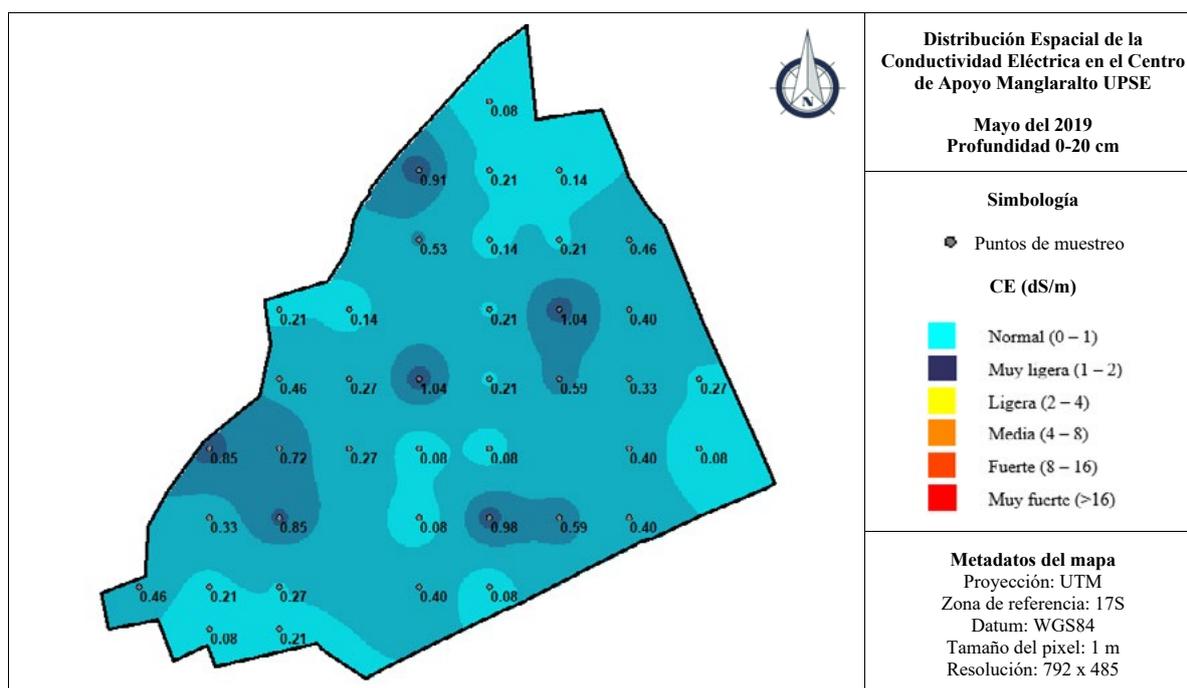


Figura 7. Mapa temático de CE de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.

Análisis de CE del suelo de muestreo realizado a la profundidad de 20-50 cm

En los resultados de CE de los suelos a una profundidad de 20 – 50 cm, en el mes de diciembre del 2018 se registran suelos que van desde normales hasta suelos con CE ligera, siendo los que más superficie abarcan los suelos normales con 93.10% de la superficie del terreno (10.8 hectáreas), seguidos de muy ligera con 6.90% (0.8 hectáreas).

En mayo del 2019, los suelos normales incrementaron a 100.00% (11.6 hectáreas).

En la Tabla 6 se muestra que existe una diferencia significativa entre los muestreos realizados en los meses de diciembre del 2018 y mayo del 2019, mediante una prueba de Friedman con una significancia de $P < 0.05$.

Tabla 6. Prueba de Friedman para suelos a una profundidad de 20-50 cm.

Muestreo	Suma	Media	n	Sign.
Mayo 2019	49.0	1.23	40	a
Diciembre 2018	71.0	1.78	40	b

Se puede observar además en los mapas temáticos de diciembre del 2018 (Figura 8) que las zonas con mayor nivel de CE son en el cultivo de pastos (2.46 dS/m), situación que no cambia en mayo del 2019 (Figura 9), ya que los valores más altos se encuentran en zonas destinadas al mismo cultivo.

Según Mesa [17] especies gramíneas como Tanzania (*Panicum maximum*) y King Grass (*Pennisetum purpureum*), pastos cultivados en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE son resistentes a la salinidad de los suelos, por lo tanto, los valores no representan un peligro para su desarrollo.

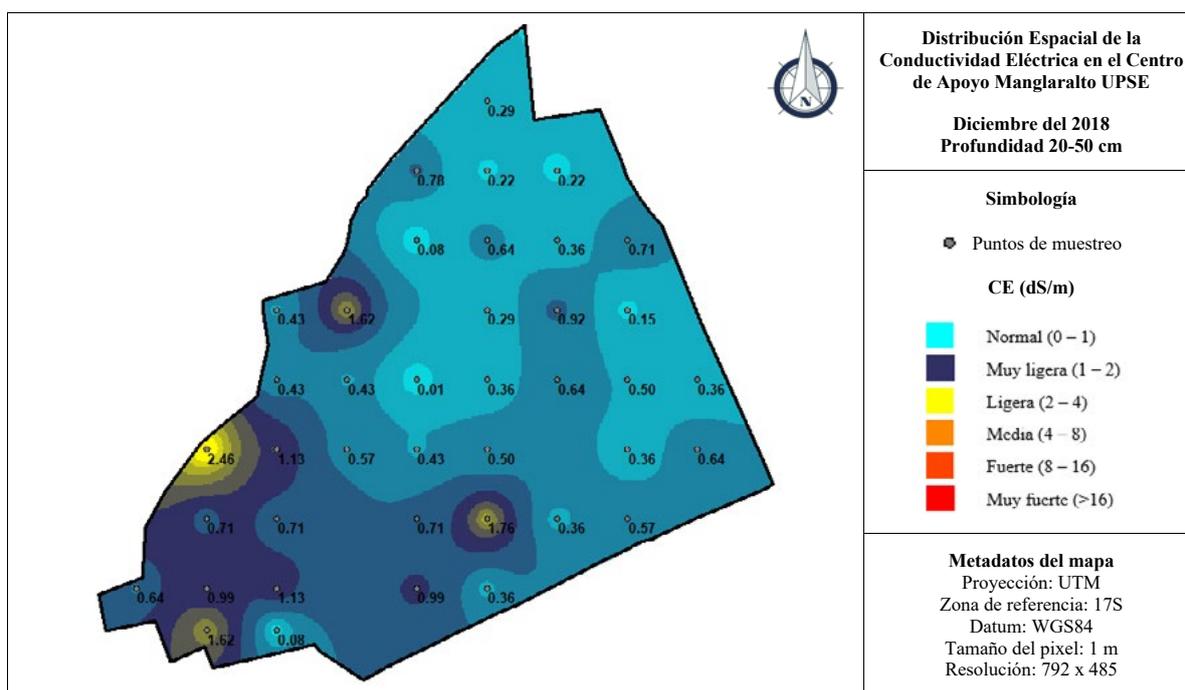


Figura 8. Mapa temático de CE de los suelos de diciembre del 2018 a una profundidad de 20-50 cm.

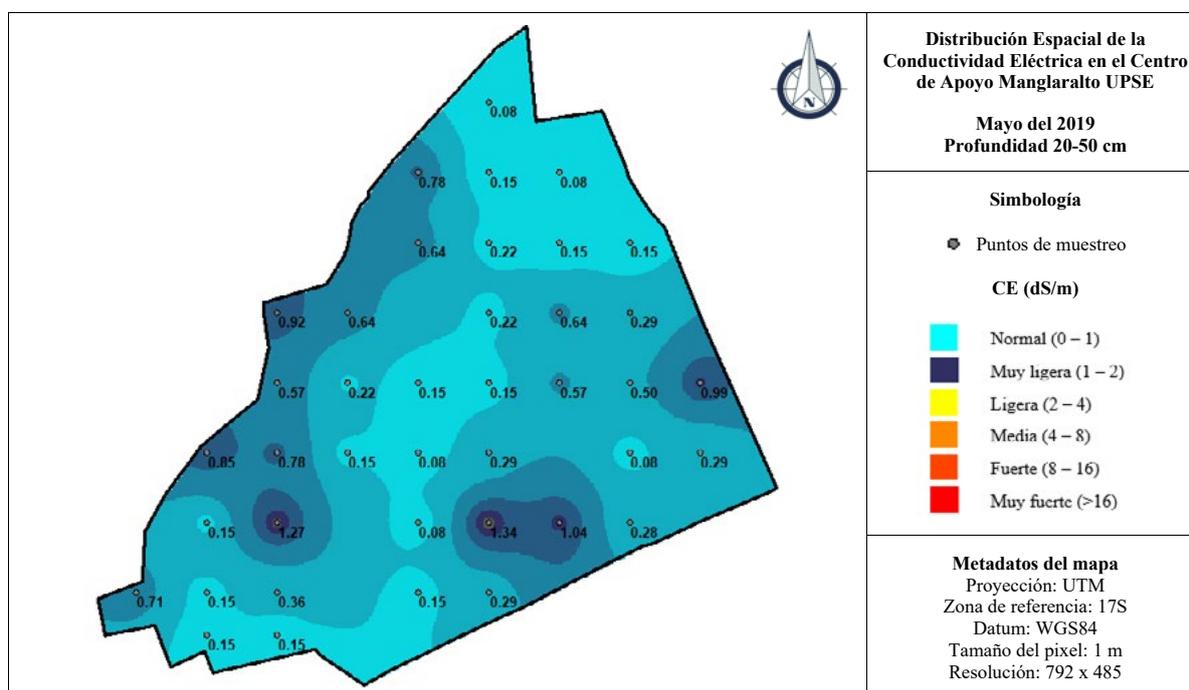


Figura 9. Mapa temático de CE de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.

Conclusiones

1. Es posible estimar la CE en pasta a partir de mediciones de la CE con relación 1:5, a partir del modelo de regresión lineal determinado. Los modelos de regresión obtenidos tienen coeficientes de determinación superior al 97%.
2. La salinidad de los suelos de las áreas agrícolas del Centro de Apoyo Manglaralto varía significativamente entre los períodos húmedo y seco, en este último se encuentran los mayores valores absolutos.
3. Al final del período seco (mes de diciembre), en los primeros 20 cm de profundidad, el 89.66% (10.4 hectáreas) de la superficie de se clasifica como suelos normales y en segundo lugar están los suelos con CE muy ligera con el 10.34%. En el mes de mayo los suelos normales fueron la totalidad de la superficie estudiada.
4. La salinidad de los suelos del Centro de Apoyo Manglaralto no constituye un peligro potencial para el desarrollo de los cultivos.
5. La principal fuente de acumulación de sales en los suelos es el agua empleada en el riego, que alcanza tenores superiores a 4.0 dS/m en la estación seca y luego desciende a 1.4 dS/m durante la estación húmeda.
6. Es probable que la reducción de la salinidad de los suelos se deba al lavado generado por las sobredosis de agua aplicadas durante el riego a los cultivos.

Referencias

- [1] A. Lamz Piedra y M. C. González Cepero, «La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata», *Cultiv. Trop.*, vol. 34, n.o 4, pp. 31-42, dic. 2013.
- [2] T. Mercado Fernández, M. Ortega Escobar, A. Arenas Tawil, y E. Combatt Caballero, «Dinámica de sales en el distrito de riego La Doctrina, Colombia», *Idesia Arica*, vol. 29, n.o 1, pp. 83-90, abr. 2011.
- [3] E. Combatt, H. Narváez, y I. Bustamante, «Estimación de la salinidad en aguas freáticas del área de influencia de la desembocadura del río Sinú-Córdoba, Colombia», *Idesia Arica*, vol. 33, n.o 3, pp. 55-63, 2015.
- [4] L. S. Arzaluz-Padilla, «Variabilidad Espacial de la Salinidad en Suelos del Distrito de Riego 014, Mexicali Baja California», Tesis de Grado, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, 2017.
- [5] J. Porta, M. López-Acevedo, y C. Roquero, *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*, 2a edición. Madrid: Mundi-Prensa, 1999.
- [6] F. Silva, *Fundamentos para la interpretación de análisis de suelo, plantas y aguas para riego*, Tercera edición. Bogotá, Colombia: SCCS, 2000.
- [7] I. García-Garizábal, P. Romero, S. Jiménez, y L. Jordá, «Evolución climática en la costa de Ecuador por efecto del cambio climático», *DYNA*, vol. 84, n.o 203, pp. 37-44, oct. 2017.
- [8] J. Proaño y C. Briones, «Gestión de riego y la salinidad en cultivos de la Península de Santa Elena y la cuenca del río Guayas», en

- Memorias del Congreso*, Quito, Ecuador, 2008.
- [9] MAG, «Cifras agroproductivas», *Sistema de Información Pública Agropecuaria*, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>. [Accedido: 07-oct-2019].
- [10] G. E. Hidalgo-Pincay, «Evaluación de láminas de riego en el rendimiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* T.) híbrido royal charleston en la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena», Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador, 2015.
- [11] J. R. Villón Orrala, «Comportamiento productivo de nueve Genotipos de cacao (*Theobroma cacao*. L) en el quinto año de producción en el Centro de Producción y Prácticas Manglaralto de la UPSE.», Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador, 2017.
- [12] INAMHI, «Anuario meteorológico», Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Quito, Ecuador, 53-2013, 2017.
- [13] J. U. Santos-Muñoz, «Efecto de diferentes regímenes de humedad en el comportamiento productivo del maíz en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, Santa Elena», Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador, 2015.
- [14] A. E. Morales-Gómez y J. A. Vilorio-Rendón, «Confiableidad de modelos de regresión para predecir retención de agua en suelos de la cuenca Alta del río Guárico, Venezuela», *Edafología*, vol. 14, n.o 1, 2, 3, pp. 19-24, 2007.
- [15] R. S. Ayers y D. W. Westcot, *La calidad del agua en la agricultura*, Rev. 1. Roma, Italia: FAO, 1987.
- [16] F. E. Zambrano Alverdi, «Efectos de la aplicación de mejoradores de salinidad del suelo en el rendimiento y calidad de Sandía (*Citrullus lanatus* T.)», Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2013.
- [17] D. Mesa, «Obtención de plantas resistentes a la salinidad para suelos cubanos», *Rev. Cuba. Cienc. Agríc.*, vol. 37, n.o 3, pp. 217-226, 2003.

Recibido: 09 de octubre de 2019

Aceptado: 28 de diciembre de 2021