



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



“COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA SALINIDAD DE SUELOS Y AGUAS DEL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO UPSE”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Joel Luciano Borbor Tigero

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



“COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA SALINIDAD DE SUELOS Y AGUAS DEL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO UPSE”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Joel Luciano Borbor Tigero
Docente: Ing. Carlos Balmaseda Espinosa. PhD

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
**DIRECTORA DE CARRERA
AGROPECUARIA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Daniel Ponce de León, PhD.
**PROFESORA DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Balmaseda Espinosa, PhD.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.
**DOCENTE GUIA – UNIDAD DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por cada minuto que me regala día a día y por permitirme seguir adelante guiarme en todo momento ya que sin él no hubiesen sido posibles todos mis logros obtenidos.

A mis abuelos Luciano Borbor y Felicita Tigreiro ellos fueron y serán mi pilar fundamental en seguir adelante, también a mi madre Sandra a mis tíos como son: Sonia, Pedro, Mery, Raúl y a mi primo Byron, por el apoyo incondicional que me dieron en el transcurso de mi vida estudiantil que me brindan, ya que sin ellos no fuera sido posible mis metas alcanzadas.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, la Facultad de Ciencia Agrarias siendo para mí una honorable institución acogiéndome en sus aulas por varios años llegándose a convertirse en mi segundo hogar, a las autoridades y docente que compartieron sus sabios conocimiento en el transcurso de mi etapa como estudiante

A mi tutor Ing. Carlos Balmaseda por la paciencia, confianza y brindarme su apoyo y sus sabios conocimientos durante– el transcurso de mi trabajo de titulación.

Joel Luciano Borbor Tigreiro

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico a

DIOS por darme salud la dicha de darme la vida y la sabiduría de culminar mi trabajo de titulación.

A mi familia por haberme formado de la mejor manera, en el proceso de mi vida personal y como estudiante, ya que ellos fueron mi apoyo incondicional en el transcurso de mi formación profesional.

A mis compañeros que estuvieron presentes aportando cada uno con su granito de arena en el transcurso de mi trabajo práctico de titulación.

Joel Luciano Borbor Tigero

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE en la zona que predomina la parte agrícola con una superficie aproximada de 11,6 hectáreas, que se encuentra ubicado en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena, en la zona comprendió con un promedio en precipitación de 58,4 mm y una temperatura media de 24,87°C. Se evaluó el comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos y agua en donde se determinó con mediciones la Conductividad Eléctrica (CE) y pH en 40 puntos de muestreo a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 50 cm. El muestreo fue realizado en el mes de diciembre del 2019. Las muestras extraídas fueron analizadas a través de dos técnicas, mediante 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, es por eso que se utilizó una ecuación ya establecida en un trabajo investigativo, que permitió estimar los valores de CE en pasta saturada, con ello se realizó la respectiva comparación de resultados en diferentes periodos húmedos y secos a partir de las mediciones en laboratorio de la CE en una solución agua: suelo 1:5. Con los resultados obtenidos, se efectuó la interpolación de los distintos mapas temáticos por medio del método Moving Average (promedios móviles), en donde los suelos a profundidades de 0 a 20 se determinó un valor máximo de CE de 6,11 dS/m en el mes de diciembre, y con respecto a la profundidad de 20 a 50 cm prevaleció en 6,72 dS/m. Por consiguiente, los valores determinados de pH de los diferentes tipos de suelos son ligera y moderadamente alcalinos en ambas profundidades.

Palabras claves: Finca Manglaralto, salinidad de suelo, conductividad del agua, e interpolación espacial

ABSTRACT

The present study was carried out in the Manglaralto UPSE Support Center in the area that predominates the agricultural part with an approximate area of 11.6 hectares, which is located in the Manglaralto parish of the Santa Elena canton, in the area with a average precipitation of 58.4 mm and an medium temperature of 24.87 ° C. The spatial and temporal behavior of the salinity of soils and water was evaluated where it was determined with measurements of Electrical Conductivity (EC) and pH in 40 sampling points at depths of 0 to 20 cm and 20 to 50 cm. The sampling was carried out in December 2019. The extracted samples were analyzed through two techniques, using the saturation paste extract and with a solution of soil-water 1: 5, in order to find the best fit model, that is why an equation already established in a research work was used, that allowed estimate the values of electrical conductivity (EC) in saturated paste with them, the respective comparison of results was made in different wet and dry periods from laboratory measurements of (CE) in a water: soil 1: 5 solution. With the results obtained, the interpolation of the different thematic maps was is carried out by means of the Moving Average method (moving averages), where the soils at depths of 0 to 20 were determined a maximum EC value of 6.11 dS / m was determined in the month of December, and with respect to the depth of 20 to 50 cm it prevailed at 6.72 dS / m. Therefore, the determined pH values of the different types of soils are slightly and moderately alkaline at both depths.

Keywords: estate manglaralto, soil salinity, water conductivity and spatial interpolation

El contenido del presente trabajo de titulación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Luis Alberto', written over a horizontal line.

Firma digital del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. Origen de la salinidad.....	4
1.2. La salinidad del suelo.....	4
1.2.1. Suelos salinos.....	4
1.3. Causa de la salinidad y acidez.....	5
1.3.1. Causas de alcalinidad en suelos	5
1.4. Indicadores de salinidad.....	6
1.5. Medición y clasificación de los suelos.....	6
1.6. Efectos de las sales en suelo y vegetación	7
1.6.1. Nutrición	8
1.6.2. Efectos de la salinidad del suelo sobre los cultivos	9
1.7. Manejo y aprovechamiento de los suelos salinos.....	9
1.8. Criterios de calidad del agua para el riego	10
1.9. Efecto de la salinidad en las plantas.....	11
1.9.1. La salinidad y sus parámetros de medida.....	12
1.10. Calidad de Agua de Riego.....	13
1.10.1. Calidad del agua de riego según la cantidad de sales disuelta	13
1.11. Interpolación	16
1.11.1. Métodos de interpolación.....	16
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
2.1. Ubicación y descripción del sitio	18
2.2. Datos climáticos de Manglaralto.....	19
2.3. Características de los suelos de Manglaralto.....	19
2.4. Características del agua de Manglaralto.....	20
2.5. Manejo del estudio	21
2.5.1. Determinación de puntos de muestreo de suelos	21
2.5.2. Toma de muestra de suelo.....	22
2.5.3. Identificación de puntos de muestreos	22
2.5.4. Toma de muestra de agua.....	23
2.6. Análisis de laboratorio	23
2.6.1. Análisis de suelos.....	23
2.6.2. Análisis de agua	24

2.7. Elaboración detallada de mapas temáticos.....	24
2.7.1. Utilización de un Sistema de Información Geográfica	24
2.7.2. Interpolación	25
2.7.3. Elaboración de mapas temáticos	25
2.8. Prueba de Friedman (no paramétrica).....	25
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
3.1. Técnica de calibración respecto al análisis de regresión para muestras de suelo.....	26
3.1.1. Análisis de regresión de las muestras de suelo a profundidad de 0-20 cm.	26
3.1.2. Análisis de la respectiva regresión del muestreo a una profundidad de 20-50 cm.	27
3.2. Análisis del CE del suelo	28
3.2.1. Valoración en CE de muestreo realizado a una profundidad de 0-20 cm.	28
3.2.2. CE de muestreo realizado a una profundidad de 20-50 cm.....	33
3.3. Análisis de pH del suelo.....	37
3.3.1. Datos de pH a una profundidad de 0-20 cm de la superficie	37
3.3.2. Datos proporcionados de pH a una profundidad de 20-50 cm de la superficie....	41
3.4. Análisis frecuente de calidad de agua	44
3.4.1. Conductividad eléctrica en agua	44
3.4.2. pH.....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
Conclusiones	48
Recomendaciones.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Indicadores químicos de la salinidad de suelos.....	6
Tabla 1. 2. Clasificación de la salinidad de suelos de acuerdo con los efectos en los cultivos.	9
Tabla 1. 3. Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside.	11
Tabla 1. 4. Calidad del agua.....	13
Tabla 1. 5. Conductividad Eléctrica.....	14
Tabla 1. 6. Calidad de agua según el RAS.	14
Tabla 2. 1. Datos de clima de la parroquia Manglaralto.	19
Tabla 2. 2. Muestra las propiedades químicas del suelo.	19
Tabla 2. 3. Análisis del extracto de pasta de suelo.....	20
Tabla 2. 4. Análisis químico del agua.....	20
Tabla 2. 5. Presenta capa informativa del SIG desarrollado en el Centro de Apoyo Manglaralto.	24
Tabla 3. 1. Resultados de CE utilizados para regresión de suelos con profundidad de 0-20 cm.....	26
Tabla 3. 2. Resultados de CE utilizados para regresión de suelos con profundidad de 20-50 cm.....	27
Tabla 3. 3. Prueba no paramétrica de Friedman comparando la profundidad de 0-20 cm de los resultados de diciembre del 2018 a diciembre del 2019.....	29
Tabla 3.4. Precipitación registrada en el período de estudios.	30
Tabla 3. 5. Prueba no paramétrica de Friedman comparando la profundidad de 20-50 cm de los resultados de diciembre del 2018 a diciembre del 2019.....	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 1. Tipo de suelo según su salinidad	7
Figura 1. 1. Tipos de suelos con respecto a su salinidad.....	7
Figura 1. 2. Se puede apreciar las normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.....	8
Figura 1. 3. Clasificación de la calidad de agua para riego en función de la concentración de sodio (%) y la conductividad eléctrica (micromhos/ cm).....	15
Figura 1. 4. Diferentes tipos de mapas temáticos con tres distintos métodos de interpolación: (a) Moving Average, (b) Trend Surface, (c) Kriging.....	17
Figura 2. 1. Ubicación específica del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE	18
Figura 2. 2. Mapa de uso del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE (tomada de Lino, (2019)).	21
Figura 2.3. Ubicación de puntos de muestreo para los análisis de salinidad en suelos.....	22
Figura 3. 1. Ajuste para suelo de 0 -20 cm (Fuente: Lino, (2019)).....	26
Figura 3. 2. Ajuste para suelos de 20-50 cm (Fuente: Lino, (2019)).	28
Figura 3. 3. Clases de CE en suelos con profundidad de 0-20 cm	29
Figura 3. 4. Mapa temático de CE de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.	31
Figura 3. 5. Mapa temático de CE de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.....	32
Figura 3. 6. Comparación de las clases de CE en los suelos de 20-50 cm.....	33
Figura 3. 7. Mapa temático de CE de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.	35
Figura 3. 8. Mapa temático con valores CE de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.	36
Figura 3. 9. Comparación de las clases de pH en los suelos de 0-20 cm	37
Figura 3. 10. Mapa temático de pH de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.....	39
Figura 3. 11. Mapa temático de pH de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.....	40
Figura 3. 12. Comparación de las clases de pH en suelos de 20-50 cm.....	41
Figura 3. 13. Mapa temático con valoraciones de pH de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.	42
Figura 3. 14. Mapa temático con valoraciones de pH de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.	43
Figura 3. 15. Variación de la CE del agua en la localización del área de pozo desde octubre del 2019 a febrero del 2020.....	44
Figura 3. 16. Variación de la CE del agua en la localización del área de cacao desde octubre del 2019 a febrero del 2020.....	44
Figura 3. 17. Variación de la CE del agua en la localización del área porcina desde octubre del 2019 a febrero del 2020.....	45
Figura 3. 18. Variación del pH del agua en la localización del área del pozo desde octubre del 2019 a febrero del 2020.....	46

Figura 3. 19. Variación del pH del agua en la localización del área de cacao desde octubre del 209 a febrero del 2020.....	46
Figura 3. 20. Variación del pH del agua en la localización del área porcina desde octubre del 209 a febrero del 2020	47

Índice de anexos

Formato 1A. Etiqueta para el muestreo de diciembre del 2019

Figura 1A. Toma de muestra de suelo en el mes de diciembre 2019

Figura 2A. Muestras de suelo recolectadas

Figura 3A. Secado al ambiente las muestras, previo al análisis de regresión

Figura 4A. Pesaje de muestra de suelo (20 gramos)

Figura 5A. Mezcla de relación 1 de suelo y 5 de agua y puesto en un agitador orbital

Figura 6A. Filtración de agua para medir la CE

Figura 7A. Medición del pH y CE

Figura 8A. Muestras de agua recolectadas del Centro de Apoyo Manglaralto

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la salinidad del suelo es considerado un fenómeno natural que afecta principalmente al área agrícola, ocasionando una baja producción de alimentos. Investigaciones realizadas a inicios del año 90 demuestran que a nivel mundial los suelos afectados por la salinidad eran alrededor de un 10% de la superficie mundial total y del 25 al 50% en las zonas de regadío, lo que nos da a conocer en cálculos que existen más de 800 millones de hectáreas de suelos con las altas concentraciones de diferentes tipos de sales, dándonos a entender que debemos preocuparnos según lo expuesto que este alto porcentaje representa un gran déficit, declarado como uno de los problemas más perjudiciales en la agricultura.

La salinidad tiene efectos perjudiciales en diferentes ámbitos muy en particular en el caso de la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas que eventualmente se atrofian en su desarrollo, causando en muchos casos la muerte del vegetal, con el transcurso del tiempo el fenómeno se incluirá de manera perjudicial en las áreas cultivadas a nivel mundial.

La salinidad en los suelos es uno de los principales factores ambientales que limitan la productividad agrícola, debido a la sensibilidad que manifiestan y adquieren la mayoría de las plantas que son cultivadas ante este tipo de estrés.

El estrés salino se considera un factor que induce a los cambios fisiológicos y bioquímicos en los vegetales, también intercede en el metabolismo de las plantas que influyen en su subsistencia, así como su producción en diferentes condiciones, siendo la razón por lo que las plantas han desarrollado mecanismos de tolerancia de acuerdo al suelo en que han sido cultivadas.

El suelo por lo general contiene una solución diluida en su composición, éstas son adquiridas por las raíces de las plantas, es importante conocer que en dicha agua están presentes innumerables tipos de sustancias, por lo que está constituido en la mayor parte por sales simples.

Los suelos afectados por sales y sodio generalmente son valorados hallando el régimen de medida en Conductividad Eléctrica (CE) y el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), ambos procesos se adquieren mediante el método de extracción, a partir de la pasta de saturación del suelo Ruiz (2005)

La provincia de Santa Elena se considera un lugar semiárido, con precipitaciones bajas, entre los años 1982-2011 la precipitación media fue de 260.4 mm/año, las lluvias se distribuyen en dos diferentes periodos climáticos como: lluviosa, más conocida como húmedo que abarca entre los meses de diciembre a mayo, y una estación seca que está comprendida en los meses de junio a noviembre, por lo que se considera como un factor que produce problemas de salinidad en los suelos.

De acuerdo a esta problemática, un método que permite cumplir con las necesidades hídricas de las plantas, en el Centro de Apoyo Manglaralto, se da mediante el riego que se realiza con aguas extraídas de un pozo que está cerca de los cultivos. En estudios anteriores se ha observado una conductividad eléctrica (CE) alta en dichas aguas, lo cual puede traer consigo la salinización de los suelos por su potencial acumulación.

En la zona donde se ubica el Centro de Apoyo Manglaralto existe una marcada diferencia entre los períodos diciembre – mayo y junio – noviembre en cuanto al comportamiento de las precipitaciones. En el primero se presentan lluvias que podrían lavar las sales acumuladas en el suelo, es importante indicar que al realizar estudios sistemáticos en períodos secos y húmedos los datos tanto de suelo y agua varían en su totalidad de acuerdo a los cambios climáticos que presenta el lugar, más aun cuando sus láminas y frecuencias no son altas.

Mencionando estos antecedentes se formula el siguiente **Problema científico**:

¿Existe variación espacial y temporal de la salinidad de los suelos y calidad del agua de riego en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE?

Para proporcionar respuesta a este problema se plantea la siguiente **Hipótesis**:

El comportamiento espacial y temporal de la salinidad de los suelos y aguas del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE varía con relación a los períodos húmedo y seco, Lino (2019).

El estudio se plantea a partir de los siguientes **Objetivos**:

Objetivo General

Evaluar la variabilidad del comportamiento espacial y temporal de la salinidad en los suelos y las aguas del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE en períodos húmedos y secos, (Lino, 2019).

Objetivos específicos

1. Determinar el comportamiento espacial y temporal de la salinidad de los suelos del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE, Lino (2019).
2. Valorar el comportamiento temporal de la calidad de las aguas del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE (Lino, 2019).

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Origen de la salinidad

Amezketta (2002) considera que el origen de la salinidad está dividido en cinco ciclos:

1. **Marino:** Se produce con la intrusión de agua de mar inundando zonas bajas costeras.
2. **Continental:** Es la concentración de sales en suelos y aguas debido a la intemperización de rocas ígneas y sedimentarias; o depósitos por descargas de aguas superficiales y subterráneas salinas (CO_3 , SO_4 , Cl)
3. **Deltaico:** Son suelos bajos y planos, que periódicamente son inundados por ríos, arroyos o mar.
4. **Artesiano:** Se refiere al nivel de las aguas subterráneas (nivel freático) es poco profundo y el agua (con sales disueltas) asciende por capilaridad
5. **Antropogénico:** Producido por el riego, fertirriego en las zonas de sembríos.

1.2. La salinidad del suelo

Martínez & López (2010) manifiestan que la salinidad es el resultado de una serie de actividades naturales y antrópicas presentes en todos los suelos que se incrementa año a año, que procede de un porcentaje de menor a mayor grado de intensidad con una acumulación de sales, esto a su vez causa afectaciones en el suelo.

1.2.1. Suelos salinos

Courel (2019) indica que los suelos salinos son aquellos que físicamente presentan acumulaciones de sales solubles en la superficie y en profundidad, se determina que es donde crecen y se desarrollan las raíces de los cultivos.

Técnicamente, se reconoce un suelo salino cuando se encuentran en ellos niveles de 2 o más deciSiemens/metro (dS/m, medida de conductividad eléctrica del suelo), que es la forma de medir la salinidad.

El mismo autor nos indica que una manera de salinización es cuando presenta exceso de sodio. Con este problema, conocido como sodificación, el suelo se presenta muy suelto ocasionando una serie de problemas, al pasar por ese suelo el pie se hunde con facilidad. Es decir que los agregados del suelo, o terrones, son destruidos y las

partículas pasan a obstruir los microporos del suelo, por tal motivo origina problemas de infiltración de agua.

1.3. Causa de la salinidad y acidez

Amezketeta (2002) recalca que la principal causa que produce este fenómeno natural como es la salinización de los suelos con relación a la agricultura en áreas de producción de alimentos es la aplicación excesiva de agua de riego en suelos con drenaje limitado.

La salinidad del suelo es un problema que se encuentra, fundamentalmente, en las regiones áridas y semiáridas, relativamente bajas y que carecen de un drenaje apropiado, dando como resultado el desplazamiento de gran cantidad de sal, por riegos excesivos que abarca la acumulación de las aguas con drenaje en dichas áreas, como también se presenta debido a la baja permeabilidad de los suelos de textura fina que en su mayoría están ubicadas en las cuencas, ya sea por la presencia de la capa freática a poca profundidad, pudiéndose observar la manera como llegan las sales hasta la superficie del suelo como consecuencia de procesos causados por la evaporación.

Creación de capas freáticas superficiales que:

1. Originan el ascenso capilar de agua, sales y su evapo-concentración

1.3.1. Causas de alcalinidad en suelos

Un suelo es alcalino o también conocido como básico es cuando el pH del suelo mayor a 8,0 y se reduce la disponibilidad de Fe, Zn, Mn, y en algunos casos N, P y K, de esta manera aumenta la disponibilidad de Mo y de otros iones que pueden afectar indirectamente el crecimiento y desarrollo de las plantas como los carbonatos y bicarbonatos

Un suelo alcalino o calcáreo por lo general contiene carbonato de calcio libre, y no necesariamente son salinos ni salino-sódicos, la presencia de carbonatos libres influye realizando las prácticas agrícolas, manejos en el uso de herbicidas, aplicación de fósforo y disponibilidad de micronutrientes.

1.4. Indicadores de salinidad

Lazara (2003) manifiesta que los indicadores de la salinidad se originan a partir de una serie de parámetros, como la valoración no solo que comprenda el contenido total de iones; sino también que se relacione con los diferentes aspectos que en el agroecosistema provoquen deterioros que afecte a la fertilidad en los suelos.

Los indicadores químicos de salinidad indican la caracterización de manera general como también son utilizados para el diagnóstico de la afectación y por la salinidad en los suelos en el cual predominan la CE, PSI (porcentaje de sodio intercambiable) y pH, mediante estos parámetros permiten clasificar los suelos afectados por salinidad en tres grupos (Tabla 1.1).

Tabla 1. 1. Indicadores químicos de la salinidad de suelos.

Clasificación	pH	CE	PSI	Proceso
Salinos	< 8.5	> 4	< 15	Salinización
Sódicos	> 8.5	< 4	> 15	Sodificación
Salinos-sódicos	< 8.5	> 4	> 15	Salinización – Sodificación

1.5. Medición y clasificación de los suelos

Lino (2019) manifiesta la medición y clasificación de los suelos, de acuerdo a la CE y el PSI (Figura 1.1).

- **Suelos normales:** suelos libres de contaminación es decir no están afectados por sales o acumulación de sodio que no resulta perjudiciales para el cultivo.
- **Suelos salinos:** son aquellos que están constituido por sales solubles de manera que puede influir en rendimiento de los cultivos y su productividad.
- **Suelos sódicos:** suelos que presentan contenidos de sodio intercambiable en su composición y estructura.
- **Suelos salinos sódicos:** son considerados suelos no aptos para cultivar, ya que presentan características no deseables al poseer en su composición un exceso de sales solubles y sodio intercambiable.

Tipos de suelo según salinidad

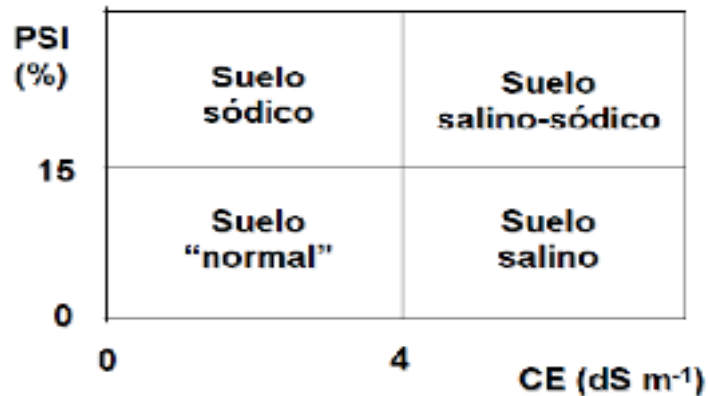


Figura 1. 2. Tipos de suelos con respecto a su salinidad

1.6. Efectos de las sales en suelo y vegetación

El crecimiento de las plantas puede verse afectado por el pH de varias formas: las condiciones adversas para el crecimiento que ocurren en los dos extremos de la escala de pH. Los suelos considerados muy ácidos (bajo pH), presentan dificultad en las plantas para un óptimo desarrollo, es importante mencionar que algunos cultivos son tolerantes a la salinidad, en cambio que en otros suelos al ser muy básicos (elevado pH), en ellos es indispensable el uso de enmiendas para corregir las condiciones extremas del pH del suelo es esencial para alcanzar la máxima producción. Una sustancia es ácida cuando entrega neutrones (H^+) y es básica cuando gana neutrones según Porta & Lopez (2014).

Combatt & Narváez (2015) consideran que el crecimiento de los cultivos ya sea de ciclo corto o largo, en medios afectados por salinidad que impiden su desarrollo, también sufren efectos desfavorables variables según la especie de vegetal que se cultive o trate, que están totalmente influenciados por un nivel freático poco profundo, el mismo que se encuentra a menos de dos metros de la superficie del suelo. Para tener una mejor comprensión es necesario individualizar los tres efectos que presentan para luego singularizar en el que se ubica según sus características, si bien en muchos casos actúan en simultáneo puede resultar difícil identificarlos separadamente, en la práctica para el mejor tratamiento y cuidado de los cultivos es elemental determinar la salinidad y tipo de suelo. La presencia de sales origina una ejección osmótica que actúa sobre las

disponibilidades de agua cabe mencionar que ciertos iones dan origen o forman a una ion-específica y para determinar comprobando la presencia de sodio en las sedes de intercambio las que ocasionan problemas en relación con la estructura y conformación del suelo.

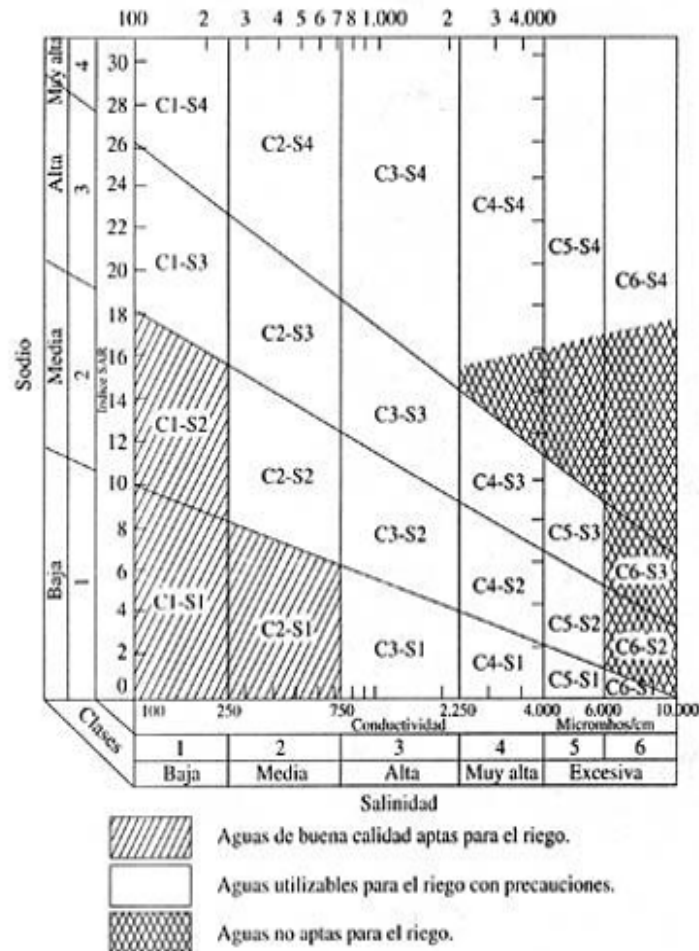


Figura 1. 3. Se puede apreciar las normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.

1.6.1. Nutrición

Toledo (2016) plantea que la nutrición en el ámbito vegetal abarca a medida en que el pH se incrementa por arriba de 7, volviéndose alcalino, la disponibilidad de nutrientes como boro, hierro, manganeso, zinc y fósforo se disminuye proporcionando la limitación en el crecimiento de las plantas, afectando la producción.

El mismo autor afirma que la disponibilidad del fósforo para las plantas en los suelos es variable y muy limitada debido a ser propensos para formar compuestos, no absorbibles por las plantas junto a otros elementos. Debido a esto, el manejo del pH del suelo es esencial para lograr una mejor eficiencia del uso de estos nutrientes absorbidos por las plantas. Cabe mencionar que el pH donde el fósforo es mayormente absorbido es entre 6.0 y 6.5. También indica que si el pH está fuera de este rango, la eficiencia que produce este nutriente al ser suministradas y aplicadas en las plantas lamentablemente es muy reducida, entre el 10 % y 20 %, dependiendo del tipo de suelo en el que se aplique.

1.6.2. Efectos de la salinidad del suelo sobre los cultivos

Como se aprecia en la Tabla 1.2 los suelos pueden clasificarse de acuerdo con los efectos que puede provocar su salinidad en los cultivos.

Tabla 1. 2. Clasificación de la salinidad de suelos de acuerdo con los efectos en los cultivos.

Tipo de Suelo	Salinidad	C.E. (dS/m)	Efectos
Normales	Muy ligera	0 - 2	Casi nulos
	Ligera	2 - 4	Puede afectar a cultivos sensibles
Salinos	Media	4 - 8	La mayoría de los cultivos son afectados
	Fuerte	8 - 16	Solo pueden prosperar cultivos tolerantes
	Muy Fuerte	> 16	Solo se desarrollan cultivos muy tolerantes

Fuente: Ibáñez (2020)

1.7. Manejo y aprovechamiento de los suelos salinos

Courel (2019) manifiesta que una forma de recuperar el suelo afectado de salinidad es lixiviarlo. Para aquello se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones como:

- **Áreas de secano**

El Drenaje actúa en áreas de secano, es decir, permite asegurar el agua de lluvia para que el lavado de sales se ejecute sin impedimento alguno. Es indispensable abatir el

nivel freático con sistemas artificiales de drenaje, hasta una profundidad que no afecte el revenimiento salino.

- **Áreas bajo riego**

Es considerada a la cantidad total de sales disueltas en el agua de riego, y su composición tanto física y química, influye en la salinidad del suelo. De tal manera, el contenido de minerales debe ser analizado, con la CE y el pH de la fuente de agua.

- **Régimen y métodos de riego**

Una manera de prevenir el exceso de sales es suministrar en la zona radicular al cultivo una cantidad extra de agua a la fracción de lavado, dando una mayor evapotranspiración. Es decir que el lavado de sales que ejecuta depende de la calidad de agua, clima, suelo y de la sensibilidad del cultivo a la salinidad.

- **Características de campo**

Un suelo con características inadecuadas o mal manejado con relación al drenaje, provoca llegar a un nivel de salinidad que es perjudicial para las plantas, es importante dejar cobertura sobre el suelo, para así evitar el acceso a sales

1.8. Criterios de calidad del agua para el riego

Acosta & Salvadori (2017) indican que un análisis químico del agua nos ayuda de una manera eficaz a evaluar los problemas actuales procedentes de su calidad y la aplicación a la que debe someterse en beneficio de los cultivos, predecir de lo que puede ocurrir en lo futuro y definir en conjunto o unidad de caracteres otras variables aplicadas y puestas en práctica considerando las más adecuadas en su manejo y beneficio. Por ello, la clasificación de las aguas en función de su calidad se ha basado en el análisis químico de sus componentes solubles. Esta clasificación puede determinarse desde diferentes puntos de vista, pueden ser esquemas globales previstos para su aplicación a situaciones generales, hasta valores específicos de calidad para un determinado ion, cultivo y área. De cualquier forma, los parámetros que configuran la mejor aplicación de la mayoría de las evaluaciones de calidad de agua para el riego

son la salinidad, la sodicidad y la toxicidad. Ejemplos de cómo clasificar las aguas de regadío pueden observarse en la Figura 1.2 y en la Tabla 1.3.

La salinidad del agua se considera el principal criterio primordial de calidad, que conlleva a determinar en gran medida la disponibilidad del agua por la planta, a través de su efecto osmótico y la aplicación adecuada del agua en el suelo para mejorar la calidad de producción aplicada en este tipo de suelo.

Tabla 1. 3. Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside.

Tipo	Calidad
S1	Agua con contenido bajo en sodio.- Se utiliza para riego en la mayoría de cultivos, con baja probabilidad de presentar problemas en cultivos sensibles al sodio
S2	Agua con contenido medio en sodio.- En suelos con textura fina y de baja permeabilidad, el nivel del sodio cambiante altera las condiciones físicas y químicas del suelo
S3	Agua con contenido alto en sodio.-Produce niveles tóxicos y de gran peligro la acumulación de sodio en el suelo, indispensable realizar enmienda orgánica en el suelo
S4	Agua con contenido muy alto en sodio.- No apta para riego
C1 0 – 0.25 dS/m	Agua con baja salinidad: Se puede usar para todos cultivos, en casi todos los suelos
C2 0.25 – 0.75 dS/m	Agua de salinidad moderada.- Apta para riego puede usarse en la mayoría de cultivos tolerantes a la salinidad
C3 0.75 – 2.25 dS/m	Agua de salinidad media: Se usa en suelos con permeabilidad moderada a buena, y no en suelos con drenaje deficiente, efectuar lavado para evitar que se acumulen las sales en cantidades nocivas para las plantas.
C4 2.25 – 4 dS/m	Agua de salinidad alta: Debe usarse en suelo con buena permeabilidad, es un agua no apropiada para riego en condiciones normales, cabe recalcar que se debe usar cultivos que se adapten a estas condiciones
C5 4 – 6 dS/m	Agua de salinidad muy alta: Inapropiada para riego, solo se puede usar en suelos muy permeables, con frecuentes riegos y en cultivos de alta tolerancia a sales.
C6 > 6 dS/m	Agua extremadamente salina: No apta para el riego

Fuente: Moya (2002)

1.9. Efecto de la salinidad en las plantas

Lamz & González (2013) recalcan que el estrés salino causa reducción en el crecimiento, desarrollo de las plantas y afecta al rendimiento del cultivo porque éstas

pueden sufrir tipos de estrés, entre los problemas de salinidad en las plantas se puede mencionar:

- 1.- Inducción de estrés hídrico
- 2.- Toxicidad debido al exceso de cantidad en concentración de sodio y cloruro
- 3.- Deficiencia nutricional, debido a los excesos en los niveles de sodio y cloruro los que disminuyen la captación de K, NO, PO, los que perjudican a un mejor desarrollo de la producción
- 4.- Excesiva producción de especies reactivas de oxígeno ocasiona el respectivo deterioro de las macromoléculas provocando determinadas anomalías en el desarrollo del vegetal.

1.9.1. La salinidad y sus parámetros de medida

Ruiz (2005) argumenta que la salinidad es la concentración de sales minerales disueltas, presentes en el agua o en el suelo, referidas a una unidad de volumen o de peso. Las aguas destinadas para riego contienen sales disueltas, cuyos valores que comprendan al tipo y cantidad depende de su origen y utilización. Los principales solutos son los cationes Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ y los aniones Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} y NO_3^- . También pueden encontrarse otros componentes como B, Sr, Li, SiO_4 , F, Mo, Mn, Ba y Al.

Medina (2016) se refiere que en la actualidad existen diferentes formas o parámetros para medir la salinidad: en el ámbito agrícola estudios de campos abiertos o cerrados, la salinidad del agua se expresa en conductividad eléctrica (CE), medida en $dS\ m^{-1}$ o en $mmho\ cm^{-1}$. Una forma de medida para obtener la conductividad eléctrica se basa en la aplicación de un potencial eléctrico entre dos electrodos, de manera que la cantidad de corriente que circula se modifica directamente con la concentración total de las sales inorgánicas disueltas en el agua.

También manifiesta el autor que la CE tiene en cuenta el efecto osmótico de los diferentes solutos cuando las soluciones están diluidas y los iones completamente disociados. La salinidad del suelo se comprende de forma en extracto acuoso saturado del suelo con valoraciones de CE, y con ello proceder eliminar los efectos de los cambios en el contenido de agua del suelo o en la composición de la solución del suelo.

Cabe mencionar que el autor da otra alternativa de medir la salinidad, es mediante el índice de sales solubles totales, expresado en % o en ppm. Para obtener resultados como para estudios fisiológicos abarca el uso de la concentración molar de la solución (mM o meq L^{-1}).

1.10. Calidad de Agua de Riego

Bonet & Ricardo (2011) manifiestan que el agua o suelo se clasifica como salinos cuando las respuestas de las plantas y de los suelos presentan salinidad altamente variable. A diferencia que las **plantas**, con respecto a la salinidad se entiende como una concentración de sales solubles que adquiere la planta e interviene en el crecimiento óptimo de la planta, cabe mencionar que produce afectación significativamente a las propiedades coligativas de la solución por lo que las raíces están expuestas a dichos inconvenientes, en donde influye la reducción de su potencial osmótico.

El suelo, se considera de carácter salino si la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEE) excede la valoración de $4 \text{ dS } m^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

El mismo autor manifiesta que la calidad de un agua de riego es subjetiva y se tiene que considerar en términos relativos, la calidad real viene determinada por los diferentes usos que se le proporciona, y en donde intervienen diferentes factores externos tales como el cultivo, el clima, el suelo, el método y manejo del riego, etc.

Cabe mencionar que el autor indica que las principales razones que determinan la calidad del agua de riego son la salinidad, la sodicidad y la toxicidad iónica específica:

1.10.1. Calidad del agua de riego según la cantidad de sales disueltas

En la Tabla 1.4 se puede apreciar la clasificación de la calidad de las aguas propuesta por Vega & Muñoz (2005).

Tabla 1. 4. Calidad del agua.

Clasificación	Sales disueltas (g/L)
calidad buena	< 0.77
calidad media	$0.77 - 2.24$
calidad mala	> 2.24

Fuente: Vega & Muñoz (2005)

Una forma de clasificar la calidad del agua de riego según su conductividad eléctrica se puede apreciar en la Tabla 1.5.

Tabla 1. 5. Conductividad Eléctrica.

Conductividad eléctrica (ds/m)	Calidad del agua	Peligro de salinidad
0 – 1	Excelente a buena	Bajo a medio
1 a 3	Buena a marginal	Alto
> 3	Marginal a inaceptable	Muy Alto

Fuente: Vega & Muñoz (2005)

La **sodicidad** del agua se considera como la cantidad relativa de sodio. Por lo general las aguas de riego con elevado contenido de sodio son propensos a producir suelos con niveles altos de sodio intercambiable. Por lo general el sodio influye en la estabilidad de la estructura y composición del suelo. Para caracterizar el nivel relativo de sodio en las aguas de riego, así como en las soluciones del suelo, se usa la relación de adsorción de sodio (RAS): $RAS = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2}$, donde todas las concentraciones están expresadas en $meq L^{-1}$ Vega & Muñoz (2005). En la Tabla 1.6 se logra apreciar la clasificación de las aguas de acuerdo con el presente indicador el mismo que en su utilización para el riego debe estar avalado al criterio de quienes están utilizando un determinado suelo para cultivar.

El mismo autor nos dice que el calcio y el magnesio producen un efecto unificador que ayudan a prevalecer las láminas de arcilla del suelo y a su vez ayudan a la conservación de la estructura del suelo, por lo que el RAS determina una manera que influye el elemento disgregador y los elementos unificadores que abarca la estructura de un suelo permitiendo su aplicación y uso en beneficio de obtener una mejor producción

Tabla 1. 6. Calidad de agua según el RAS.

RAS	Clases de agua	Recomendaciones
0 a 10	Baja alcalinidad	Se utiliza en la mayoría de los suelos
10 a 18	Alcalinidad media	Ocasiona problemas en suelos arcillosos
18 a 26	Alcalinidad alta	Se recomienda usar en suelos bien drenados y ricos en materia orgánica y yeso
26 a 30	Alcalinidad muy alta	No es recomendable utilizar, salvo que los suelos tengan salinidad baja y se realice el enyesado

Fuente: Vega & Muñoz (2005)

En la Figura 1.3. Se presenta una modificación del gráfico de Wilcox que permite la clasificación de las aguas de riego en función de los contenidos de sodio y la conductividad eléctrica.

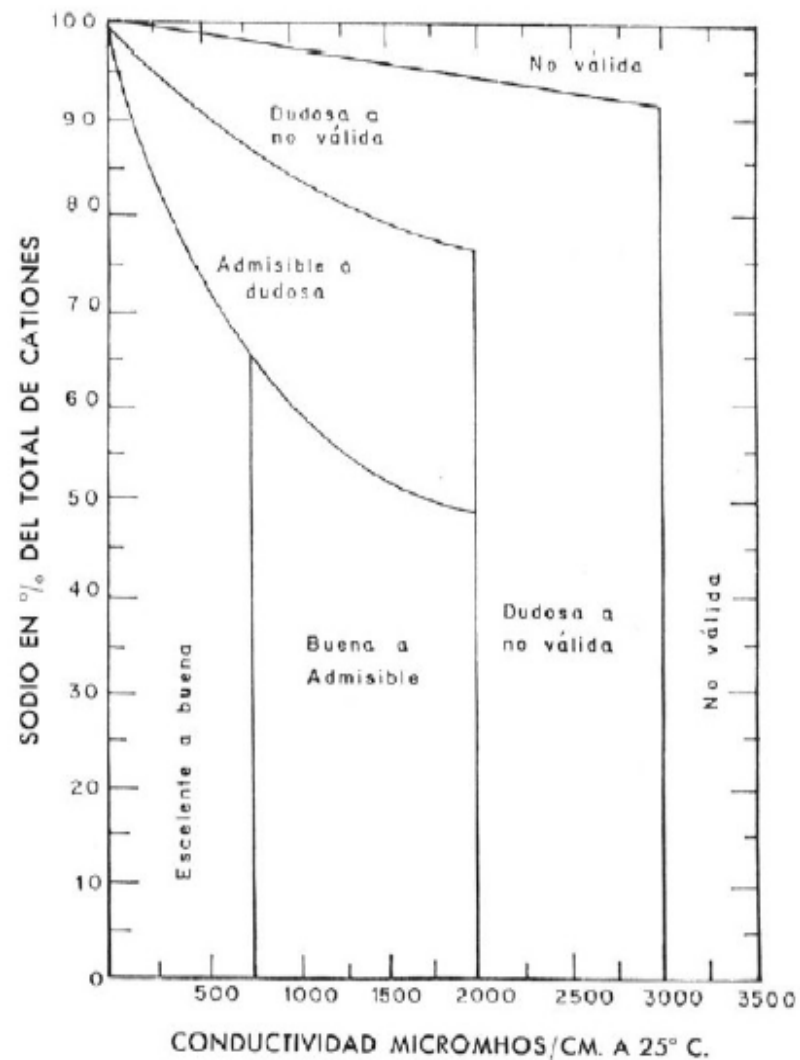


Figura 1. 4. Clasificación de la calidad de agua para riego en función de la concentración de sodio (%) y la conductividad eléctrica (micromhos/ cm).

1.11. Interpolación

La interpolación espacial es considerada un método que facilita y permite su utilización con el objeto de obtener beneficio para estimar valores de una o más variables en lugares o zonas en donde no existe o se dificulta conocer información, es decir que se trabaja con mediciones en puntos ubicados en la misma área o región. También el autor hace referencia que al trabajar con estimación en valores de las variables se hallan en lugares por fuera del área de estudio y a su vez se incluyen en las mediciones tomadas, el proceso se llama extrapolación.

La interpolación espacial es un proceso que proporciona diferentes métodos y técnicas, que permiten realizar análisis de datos espaciales, algunas de las técnicas se enmarcan en la Interpolación Geoestadística y la Interpolación Simple. Concluye que estas dos metodologías realizan estimaciones globales o locales, y posee interpoladores que provee resultados con diferentes grados de incertidumbre. Los diferentes métodos utilizan diferentes números de parámetros, que intervienen y en la predicción del error de estimación García (2009).

1.11.1. Métodos de interpolación

Moving average (promedio móvil)

Es un método directo que asigna valores de puntos promediados, es decir que tiene una tendencia a crear promontorios, esto se aplica para un conjunto de datos, dando como resultado que el valor final de cada uno de los puntos de concentración, que es igual a la media aritmética de todos los puntos vecinos identificados Moreno (2007).

Trend Surface (superficie de tendencia)

Coaguila (2013) refiere que este método se utiliza para separar y describir determinados componentes de variación presentes en los datos, se considera un método analítico e inexacto ya que facilita su interpretación, porque se obtiene valores más próximos a los reales considerada como resultado de la adición de un componente regional o de tendencia

Kriging

Frolla (2015) indica que es un proceso geoestadístico mediante método directo a partir de puntos que nos permite determinar valores de elevaciones más cercanas en diferentes zonas, como también se utiliza los variogramas para estimar predicciones de distancia dentro del cual los puntos presentan dependencia de autocorrelación espacial.

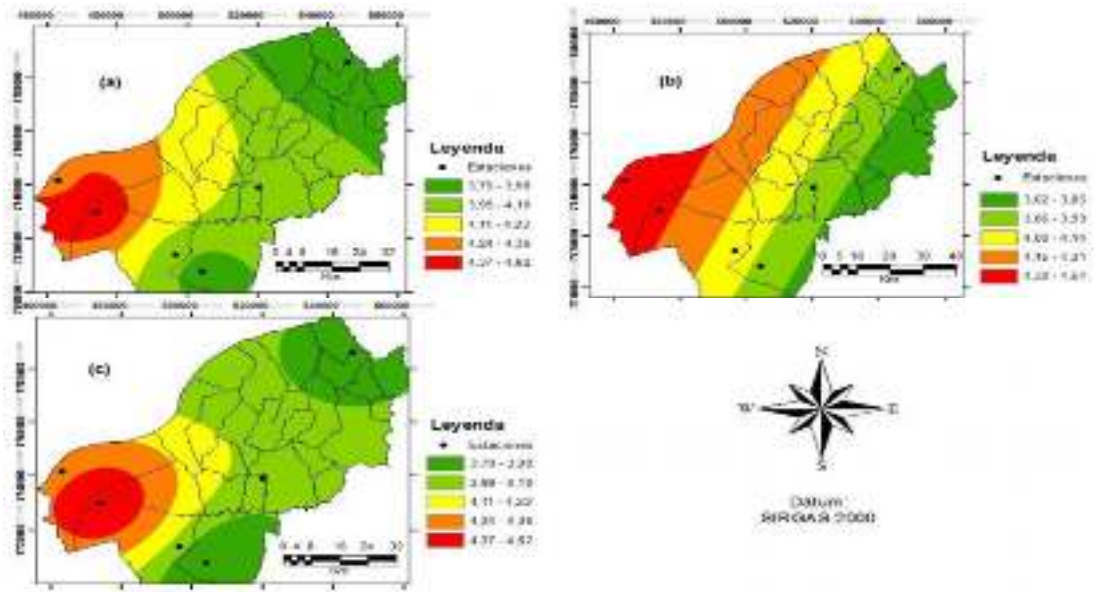


Figura 1. 5. Diferentes tipos de mapas temáticos con tres distintos métodos de interpolación: (a) Moving Average, (b) Trend Surface, (c) Kriging.

Kriging se considera un método que ofrece una mayor consistencia estadística, un análisis más elaborado, una interpolación viable, con áreas de transición menos abruptas y con menores errores de predicción, Además, cabe mencionar que es considerado de mucha utilidad en la agricultura de precisión, por motivo que suele presentar ser eficiente en la discriminación de áreas con diferentes características de importancia agronómica, la importancia que trasmite es buscar el mejor método de aplicación en la actividad agrónoma. Mendez (2013)

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación y descripción del sitio

La investigación se realizó en el Centro de Apoyo Manglaralto extensión UPSE, es un lugar que se encuentra ubicado en la parroquia Manglaralto, a 55 km al norte de la ciudad de Santa Elena, las coordenadas UTM de un punto central son 9796375 m Sur y 528964 m Este, en la zona 17M Sur. La altitud es de 11 msnm también consta con una topografía plana que comprende una pendiente menor al 1%. En la Figura 2.1. se logra visualizar la macrolocalización del área de estudio.



Figura 2. 1. Ubicación específica del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE

El Centro de Apoyo Manglaralto UPSE se considera por poseer una extensión aproximada de 22.6 ha, es un lugar que facilita la realización de prácticas de campo a los estudiantes, de acuerdo a las actividades planificadas, se utiliza para usos productivos y en él se encuentran los siguientes: forestal, cultivos perennes, cultivos de ciclo corto, pastizales y producción pecuaria., dándonos las pautas para una aplicación de proyectos más beneficiosos de aprovechamiento en la utilización de suelos.

Los valores promedio mensuales de carácter climático del año 2019 de la zona se pueden apreciar en la Tabla 2.1.

2.2. Datos climáticos de Manglaralto

Según ACCUEWEATHER (2019), la temperatura máxima promedio se encuentra en enero con 30.63°C y la temperatura mínima recae en el mes de Agosto con 20.33°, obteniendo una alta precipitación en el mes de febrero con 180.70 mm.

Tabla 2. 1. Datos de clima de la parroquia Manglaralto.

Meses	Temperatura °C			Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Radiación (hrs)
	Máxima	Mínima	Media			
Enero	30.63	22.88	26.75	131.90	81.75	80.78
Febrero	28.75	22.95	25.85	180.70	82.50	101.35
Marzo	29.23	22.85	26.04	137.90	81.00	141.43
Abril	29.33	22.85	26.09	79.08	81.25	143.33
Mayo	28.83	22.53	25.68	13.80	82.75	99.28
Junio	27.48	21.73	24.60	11.15	85.25	72.13
Julio	26.85	21.10	23.98	7.28	86.50	62.40
Agosto	26.60	20.33	23.46	14.78	87.25	56.85
Septiembre	27.05	20.35	23.70	11.10	86.50	62.70
Octubre	26.53	20.65	23.59	19.25	87.25	33.03
Noviembre	27.50	21.05	24.28	13.78	84.50	50.85
Diciembre	26.98	21.95	24.46	79.80	81.50	81.18

Fuente: ACCUEWEATHER (2019).

2.3. Características de los suelos de Manglaralto

Los suelos que actualmente prevalecen en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE presentan una textura franco arcillo limosa, con un pH de 7.7 (ligeramente alcalino), se consideran suelos no salinos, según datos del INIAP (2013). En la Tabla 2.2. se puede apreciar las características químicas de los suelos de la zona es decir que la península de Santa Elena tiene estas limitaciones por motivo que la situación geográfica hace que en ella se determinen estos suelos.

Tabla 2. 2. Muestra las propiedades químicas del suelo.

Elementos	Cantidad ug/ml	Interpretación
Ph	7.7	Ligeramente alcalino
Nitrógeno	36	Medio
Fosforo	22	Alto
Potasio	1185	Alto
Calcio	3098	Alto
Magnesio	587	Alto
Azufre	41	Alto
Zinc	1.1	Bajo
Cobre	7.1	Alto

Fuente: INIAP (2013)

En la Tabla 2.3 se pueden observar los resultados de laboratorio al analizar el extracto de pasta de suelo. El pH varió de 7.7 a 8.3 teniendo una conductividad eléctrica de 0.91 mS/cm.

Tabla 2 3. Análisis del extracto de pasta de suelo.

Elementos	Cantidad (mg/l)	Interpretación
pH	8.3	Lal
C.E.	0.91	mS/cm
Sodio	22	mg/L
Potasio	1185	mg/L
Calcio	3098	mg/L
Suma	224	mg/L
CO3H	3.2	meq/L
CO3	1.6	meq/L
SO4	3	meq/L
RAS	3	
PSI	3	

Fuente: INIAP (2013)

2.4. Características del agua de Manglaralto

En la Tabla 2.4 se muestran los resultados de un muestreo de agua realizado en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE, se obtuvo una conductividad eléctrica de 911 mS/cm y la relación de absorción de sodio de 3, con esos datos puede clasificarse como un agua de clase C3-S1, con una salinidad alta y bajo contenido en sodio.

Tabla 2. 4. Análisis químico del agua.

Elementos	Cantidad	Unidad
C.E.	911	mS/cm
Calcio	90,9	mg/L
Magnesio	14,4	mg/L
Sodio	98,1	mg/L
Potasio	7,3	mg/L
HCO3	4,6	meq/L
CL	2	meq/L
SO4	4	meq/L
pH	7.4	
RAS	3	
PIS	2	
% Na	42.64	
Clase	C3S1	

Fuente: INIAP (2013)

2.5. Manejo del estudio

2.5.1. Determinación de puntos de muestreo de suelos

La superficie que en la actualidad conserva el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE en su totalidad está administrada en distintas clases de usos de los suelos: Agricultura, Agropecuaria, Pecuaria, Conservación y Protección, Antrópico (edificaciones) como se puede apreciar en la Figura 2.2.

La ubicación de diferentes puntos de muestreo, se extrajo con la finalidad de realizar la ejecución de investigación y comparación, es decir se realizó a partir de la identificación en el campo de zonas cultivadas y que mantienen una constante frecuencia de riego, es que existen lugares gracias a estos sistemas y que poseen un determinado tipo de producción vegetal, estos puntos coinciden con los tomados por Lino (2019).



Figura 2. 2. Mapa de uso del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE (tomada de Lino, (2019).

Con respecto a la zona de estudio se determinaron las áreas utilizadas para prácticas de campo, tanto en el ámbito agrícola como pecuario y en ciertos lugares destinados a otro tipo de actividad, el área que se ocupó para el estudio fue de aproximadamente 11,6 ha, formando cuadrículas con una distancia de 50 x 50 m teniendo un total de 40 puntos de muestreo (Figura 2.3).



Figura 2.3. Ubicación de puntos de muestreo para los análisis de salinidad en suelos.

2.5.2. Toma de muestra de suelo

El muestreo de suelo se hizo en el mes de diciembre (final de la época seca), la muestra que se extrajo del lugar permitió realizar la comparación de resultados tanto de pH y CE con muestreos ejecutados anteriormente, realizados en periodos secos y húmedos se pudo considerar la utilización de los suelos. Se realizó comparaciones y se delimitó el tiempo o época con mejores posibilidades de utilización de los suelos.

Mediante la ayuda de un GPS se ubicó cada punto con las coordenadas ya establecidas, se procedió con la extracción de las muestras que consistió en realizar un esquema de tres repeticiones de 50 cm alrededor de cada uno de los puntos a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 50 cm.

2.5.3. Identificación de puntos de muestreos

Para la identificación de cada una de las muestras recolectadas se utilizó un membrete en orden que fueron extraídas para facilitar la identificación de estas, colocando en su interior el orden de toma de la muestra, la fecha de muestreo, su profundidad, el nombre de la persona que actuó en el proceso, con su respectiva identificación de coordenadas.

2.5.4. Toma de muestra de agua

La toma de muestras de agua se realizó en diferentes puntos estratégicos, como son: el pozo, sistema de riego por goteo y aspersión. En cada punto se recogieron 500 mL de agua en tres recipientes diferentes, durante un período de cinco (5) meses.

2.6. Análisis de laboratorio

2.6.1. Análisis de suelos

Una manera de estimar la salinidad del suelo es por medio de la determinación de la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada, sin embargo, dado lo costoso de esta metodología se utilizó otra manera para su determinación, en su proceso se realizó la calibración mediante un análisis de regresión del suelo buscándose la relación que existe entre la CE del extracto de pasta saturada y la CE cuando se empleó una solución 1/5, es decir, una porción de suelo y cinco de agua.

Cabe mencionar que los resultados que se obtuvieron de la CE del extracto de pasta saturada fueron mediante una fórmula establecida en un trabajo práctico de titulación realizado por Lino (2019).

Para determinar la CE se realiza el siguiente procedimiento dado por Lino (2019):

- Se colocan las muestras del suelo a secar al ambiente, luego se tritura hasta que queden las partículas del suelo desagregadas destruyendo los terrones y se tamiza para evitar contaminación en la solución a preparar para evitar interrupciones o malestar para determinar sus características.
- Luego se procede a medir 20 g de cada muestra de suelo en una balanza de precisión permitirá establecer el uso adecuado y equilibrado de lo que se va a aplicar.
- Se procede de una manera eficaz a introducir los 20 g de suelo en un vaso precipitado.
- Añadir de manera paulatina aproximadamente 100 mL de agua destilada en el vaso precipitado.
- Se remueve de manera uniforme la solución de suelo-agua durante aproximadamente 30 minutos.
- Se procede a filtrar la solución con ayuda de papel filtro.

- Una vez finalizado el filtrado de la solución, se extrae una alícuota para su respectiva medición.
- La valoración se registra en CE de la solución mediante un conductímetro.
- Se procede a registrar los datos obtenidos de cada muestreo en dS/m. Respectiva medición y registro del pH mediante un peachímetro, Lino (2019).

2.6.2. Análisis de agua

El análisis consiste en hallar la conductividad eléctrica (CE), pH, temperatura y los TDS (sólidos disueltos totales), de las muestras de agua extraídas de diferentes puntos, para ello se utilizaron un conductímetro y un peachímetro para medir estas variables.






2.7. Elaboración detallada de mapas temáticos

2.7.1. Utilización de un Sistema de Información Geográfica

Permitió facilitar el manejo de la información espacial en el cual se utilizó como base principal un Sistema de Información Geográfica (SIG), para ello se aprovechó las herramientas disponibles como las bondades de interoperabilidad que posee el software QGIS.

En la Tabla 2.5 se visualiza las características de las capas informativas que comprende el SIG desarrollado.

Tabla 2. 5. Presenta capa informativa del SIG desarrollado en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Nombre	Símbolo	Representación	Tipo	Dominio		Software Empleado
				Valor	Longitud:	
CE		Vectorial	Punto	Valor	10	QGIS
pH		Vectorial	Punto	Valor	10	QGIS
Perímetro de muestreo	-----	Vectorial	Lineal	Identificador	10	QGIS
Perímetro Upse Manglaralto		Vectorial	Polígono	Identificador	10	QGIS
Uso de suelo		Vectorial	Polígono	Clases	80	QGIS
Google satélite		Raster	Pixel			QGIS

2.7.2. Interpolación

Tiene como finalidad elaborar mapas temáticos que de tal manera contribuyó a entender de manera detallada el comportamiento espacial y temporal de los suelos del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE en donde se ejecutó la interpolación de los puntos de muestreo siendo importantes por pertenecer a la zona.

Con el programa del módulo de *Statistics* del software ILWIS, específicamente la *Spatial Correlation* de mapas en puntos se determinó la posible relación espacial que existe entre los datos obtenidos en cada muestreo de salinidad y de esa manera se seleccionó el método más apropiado para la interpolación.

De tal manera se apreció que el trabajo realizado no existió correlación espacial en los datos de Conductividad Eléctrica y de pH se procedió a seleccionar el método *Moving Average* (promedios móviles) para la respectiva interpolación de los diferentes mapas

2.7.3. Elaboración de mapas temáticos

Con la información extraídas de las distintas muestra de suelo se elaboraron mapas temáticos de la salinidad y pH de los suelos a profundidades de 0 a 20 cm y 20 a 50 cm, que tuvo como finalidad de analizar su variación espacio temporal, usando el software ILWIS y QGIS.

Para aquello se elaboró representaciones que ayudan a identificar los rangos de CE y pH en los que se encuentran los distintos tipos de suelo Para constancia de trabajos o investigaciones realizadas deben elaborarse mapas los que servirán de referencia.

2.8. Prueba de Friedman (no paramétrica)

Se realizó la prueba de Friedman porque se considera una versión no paramétrica, es decir, cuando se tengan dudas respecto de la independencia de los datos dentro de los bloques y de la suposición de la normalidad, puede eficientemente, emplearse la prueba de Friedman, para diferencias de medianas. Así mismo, esta prueba de distribución libre, puede ser usada en situaciones en las que se registran muestras como resultado de un experimento, de forma tal, que los datos de cada muestra sean bastante similares entre sí, de manera que a cada uno de los datos de la muestra se le aplicará las diferentes profundidades de 0-20 y 20-50 cm de CE de pasta saturada del experimento.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Técnica de calibración respecto al análisis de regresión para muestras de suelo.

3.1.1. Análisis de regresión de las muestras de suelo a profundidad de 0-20 cm.

En la Tabla 3.1 predominan los resultados de CE adquiridos por dos distintos métodos de pasta saturada y solución suelo-agua 1/5, cabe recordar que los resultados en CE de pasta saturada se obtuvieron mediante una ecuación hallada anteriormente en un trabajo investigativo por Lino (2019).

Tabla 3. 1. Resultados de CE utilizados para regresión de suelos con profundidad de 0-20 cm.

No de muestreo	CE (pasta saturada)	CE solución suelo- agua 1/5
1	1.3	0.26
6	0.85	0.19
11	1.68	0.32
15	0.46	0.13
16	0.86	0.19
18	1.62	0.31
22	0.98	0.21
27	0.72	0.17
33	0.46	0.13
38	1.36	0.27

Fuente: Lino (2019).

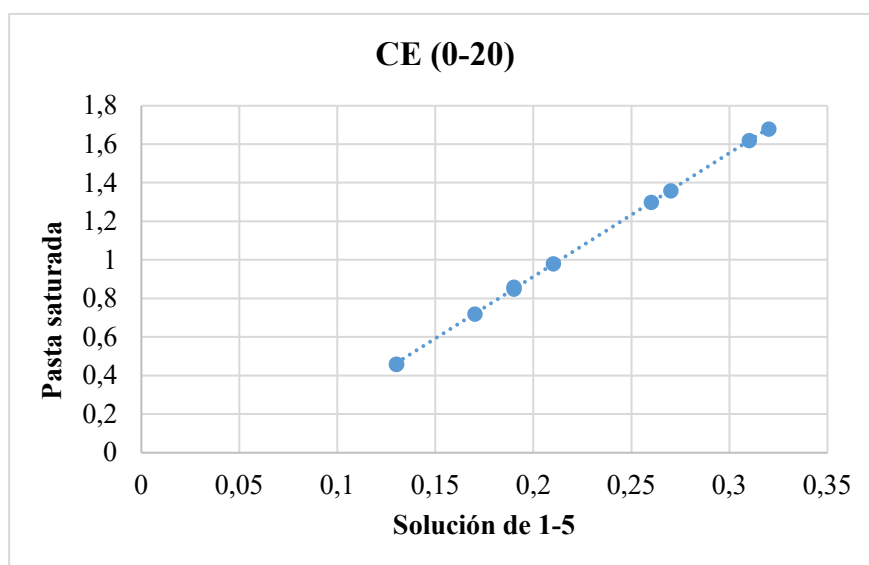


Figura 3. 1. Ajuste para suelo de 0 -20 cm (Fuente: Lino, (2019))

En la Figura 3.1 se presenta la gráfica lineal resultante de los datos de CE obtenidos por los dos diferentes métodos ensayados. En la ecuación de la recta se detalla, con un coeficiente de determinación R^2 de 0.98, el que demuestra la existencia de un porcentaje determinado del 98% de los valores obtenidos que poseen un gran porcentaje de similitud a los resultados mediante el método de extracción de saturación. La ecuación obtenida es la siguiente:

$$CE_{exto-20} = (CE_{1:5\ 0-20}) + b$$

$$CE_{exto-20} = 6.4194 (CE_{1:50-20}) - 0.3716$$

Morales & Vilorio (2007) describen que los modelos de regresión lineal con coeficientes de determinación mayores a 90% proveen predicciones puntuales en valoraciones de análisis de suelos.

Los mismos autores afirman que ninguna función empírica probada genera predicciones satisfactorias, las que requieren de información edáfica para desarrollar funciones de predicción locales, mejor adaptadas a las condiciones de los suelos.

3.1.2. Análisis de la respectiva regresión del muestreo a una profundidad de 20-50 cm.

En la Tabla 3.2 se visualizan los resultados de CE recabados mediante los métodos de extracto de saturación y solución suelo-agua 1/5, cabe mencionar que la CE de pasta saturada se obtuvo mediante un trabajo investigativo que consistió en hallar la ecuación para determinar los resultados.

Tabla 3. 2. Resultados de CE utilizados para regresión de suelos con profundidad de 20-50 cm.

No de muestreo	CE (pasta saturada)	CE solución suelo- agua 1/5
1	0.92	0.19
6	1.41	0.26
11	1.06	0.21
15	0.43	0.12
16	2.18	0.37
18	1.69	0.3
22	0.92	0.19
27	1.34	0.25
33	0.99	0.2
38	0.71	0.16

Fuente: Lino (2019).

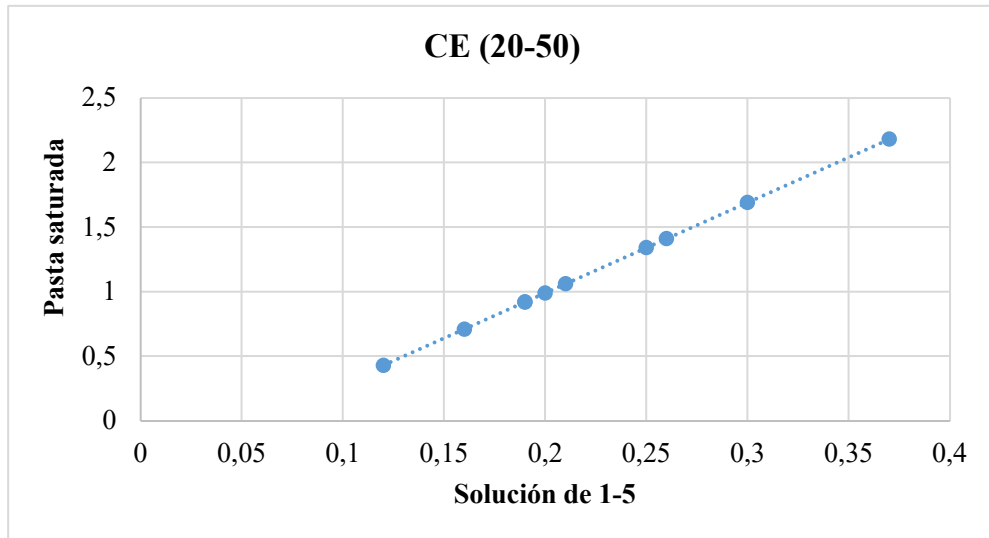


Figura 3. 2. Ajuste para suelos de 20-50 cm (Fuente: Lino, (2019)).

En la Figura 3.2 se logra observar el diagrama lineal con los resultados obtenidos por los métodos de pasta saturada y solución de 1/5. A diferencia con la información de profundidad anteriormente mencionada, la ecuación de la recta nos ayuda obtener el mejor ajuste, en el cual prevalece con un coeficiente de determinación R^2 de 0.99, lo que indica que hay un 99% de que los valores resultantes de la ecuación contengan similitud a los obtenidos mediante el extracto de saturación, la ecuación es la siguiente: Las iniciativas y proyectos planteados tienen la factibilidad luego de ser aprobados de facilitar directamente en su aplicación.

$$CE_{ext20-50} = (CE_{1:520-50}) + b$$

$$CE_{ext20-50} = 6.9904(CE_{1:520-50}) - 0.4062$$

3.2. Análisis del CE del suelo

3.2.1. Valoración en CE de muestreo realizado a una profundidad de 0-20 cm.

En muestras de suelo extraídas el mes de diciembre del 2019, a una profundidad de 0 – 20 cm, la CE se caracteriza por haber valores con baja salinidad. Es decir que el tipo de suelos prevalecen ocupan el 60% (6.96 hectáreas) de la superficie del terreno con suelo normal. A continuación, se ubican los suelos con CE muy ligera con el 37.5% (4.35 hectáreas) y teniendo 2.50% (0.29 hectáreas) de los suelos con CE media a diferencia de los muestreos anteriores donde no había superficies en esta categoría.

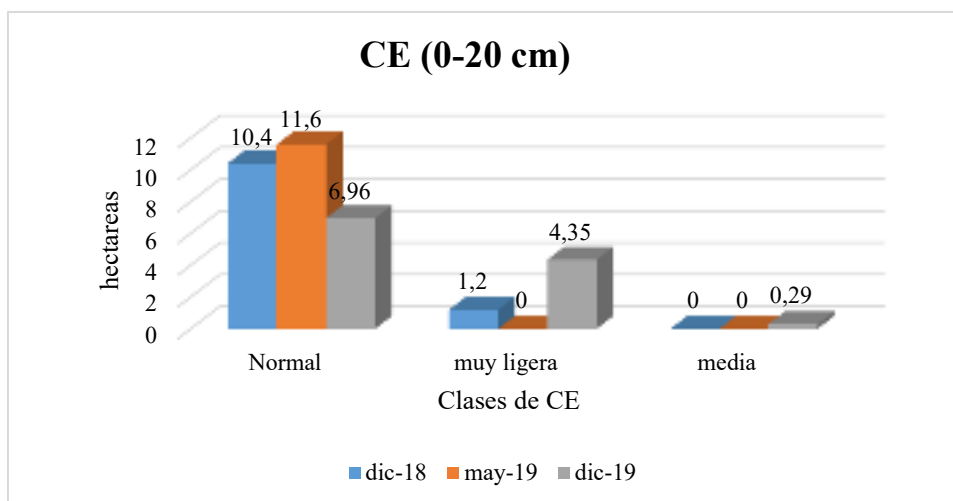


Figura 3. 3. Clases de CE en suelos con profundidad de 0-20 cm

Se demostró mediante la prueba de Friedman con una significancia de $P < 0,05$ en donde muestra los resultados que existe una diferencia significativa entre los muestreos extraídos en los meses de diciembre del 2018, mayo del 2019 y en diciembre del 2019. En la Figura 3.3 y la Tabla 3.3 se puede apreciar un ligero incremento de la salinidad en la superficie estudiada. Teniendo como objetivo comparar resultado para futuras investigaciones.

Tabla 3. 3. Prueba no paramétrica de Friedman comparando la profundidad de 0-20 cm de los resultados de diciembre del 2018 a diciembre del 2019.

Muestreo	Suma de rangos	Mediana	N	p-valor	
dic-18	74.5	1.86	40	0.05	A
may-19	45.5	1.14	40	0.05	B
dic-19	54.0	1.35	40	0.05	C

De acuerdo con los datos extraídos de ACCUEWEATHER entre diciembre del . 2018, mayo y diciembre del 2019, se registraron precipitaciones como se puede apreciar en la Tabla 3.4, se observa que hubo una baja precipitación en los meses de mayo a diciembre del 2019, por consiguiente, la salinidad de los suelos en los primeros 20 cm de profundidad tuvo un incremento significativo producto de la acumulación de sales que no fueron lavadas por las precipitaciones.

Tabla 3.4. Precipitación registrada en el período de estudios.

Precipitación (mm)							
Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
354	11.5	7.28	14.78	11.1	19.25	13.78	79.8

En el mapa temático del mes de diciembre del 2019 (Figura 3.4) se muestra que la zona con el nivel más alto es la del cultivo de cacao (6.1 dS/m) equivalente a una CE media a diferencia de los muestreos anteriores (Figura 3.5).

Ibañez (2020) indica que cuando la CE del suelo tiene valores inferiores a 2 dS/m el efecto que puede producir, sobre los cultivos, es casi nulo. En cambio, para CE de 2 a 4 dS/m clasificada como ligera salinidad, pueden afectar a cultivos sensibles, cabe recalcar que entre los 4 y 8 dS/m la mayoría de cultivos son afectados, es decir, que la zona que corresponde a ese intervalo en el Centro de Apoyo Manglaralto no se debe cultivar, solo podrían plantarse cultivos tolerantes a la salinidad

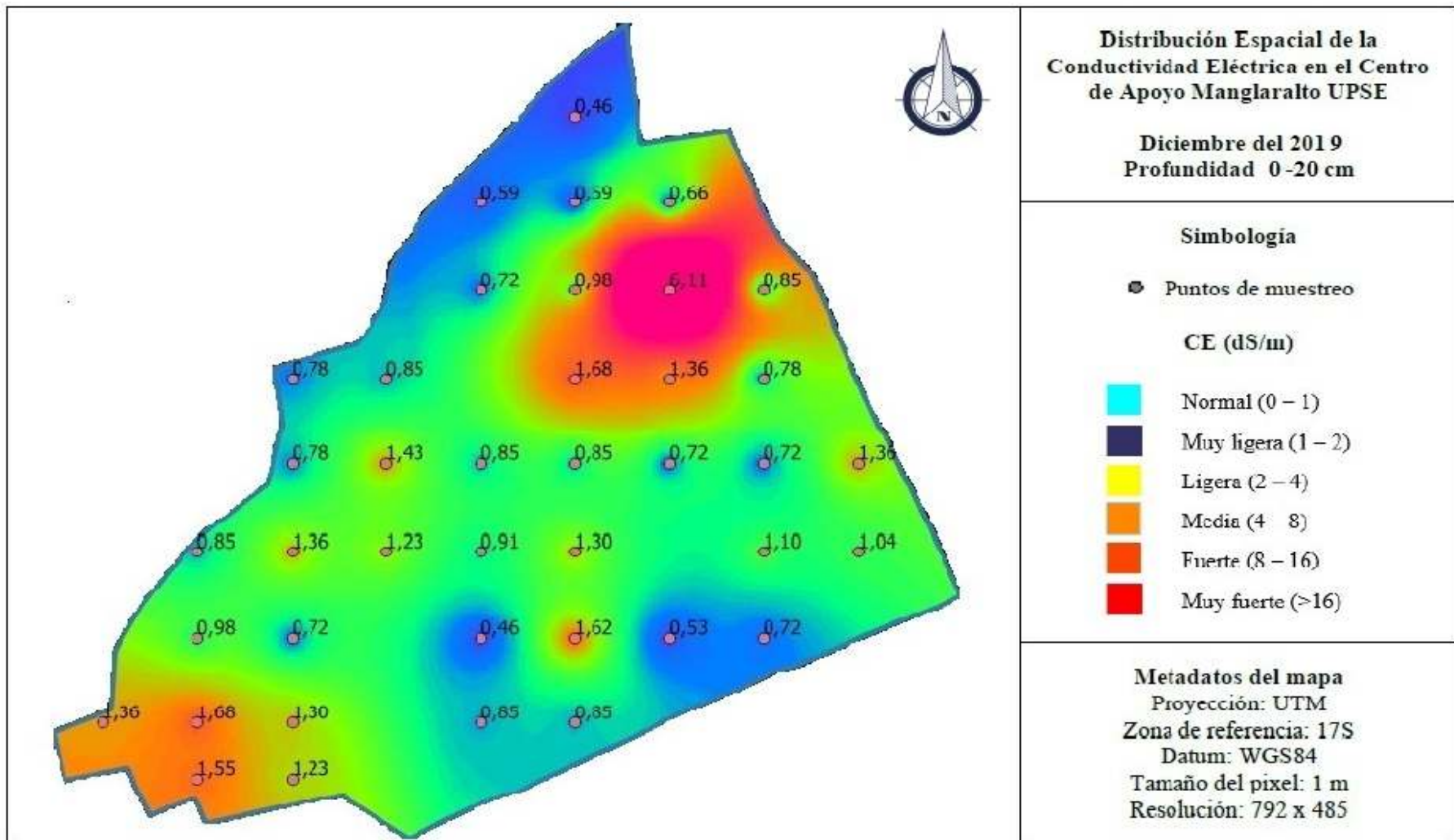


Figura 3. 4. Mapa temático de CE de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.

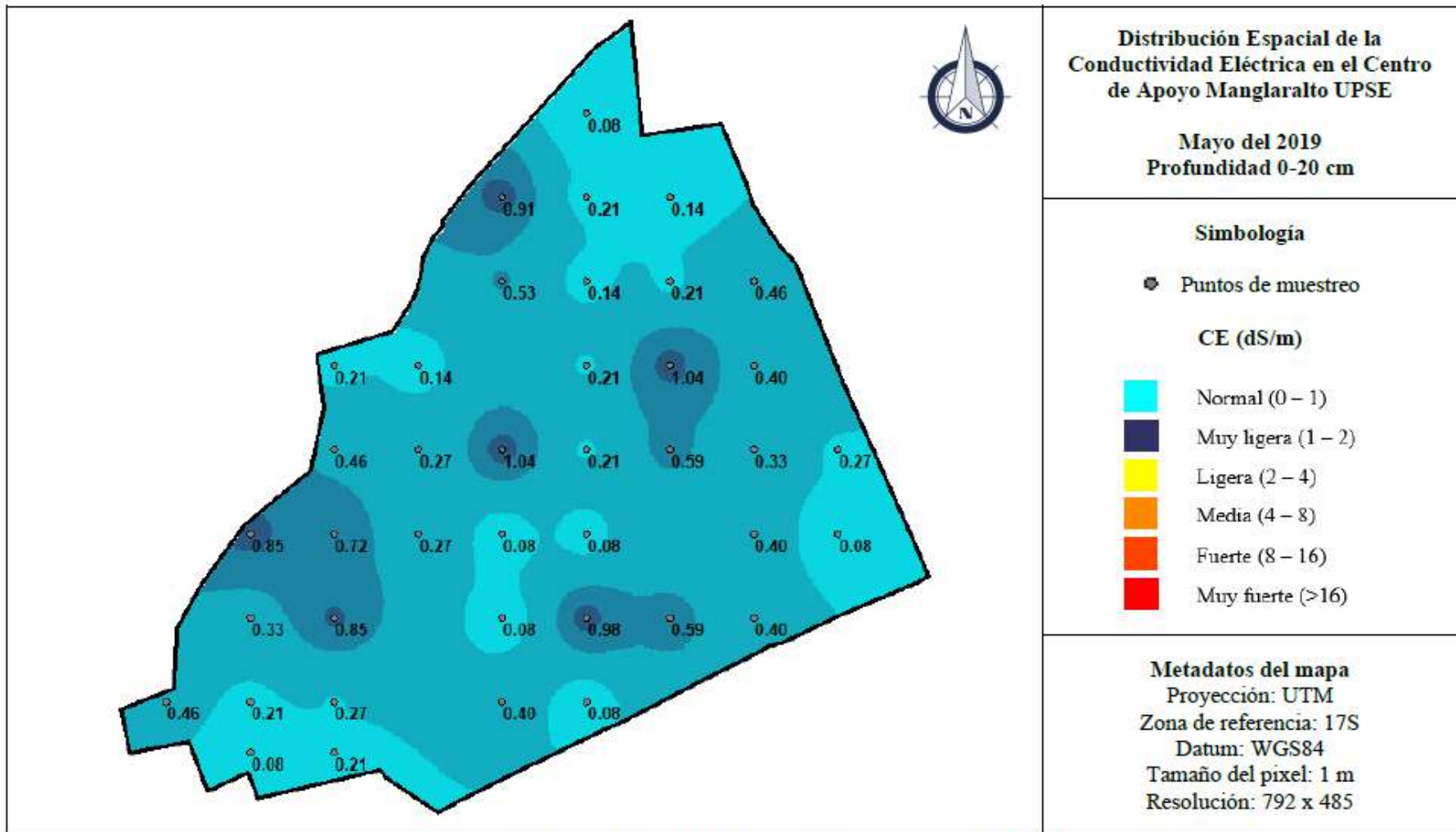


Figura 3. 5. Mapa temático de CE de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.

3.2.2. CE de muestreo realizado a una profundidad de 20-50 cm.

En la profundidad del suelo de 20- 50 cm, los resultados de la CE fueron los siguientes: en el mes de diciembre del 2019 en encuestan valores que van desde suelos normales hasta suelos con CE media, los suelos muy ligeros abarcan un 52.50% de la superficie del terreno (6.09 hectárea), seguido por los suelos normales con un 45% (5.22 hectáreas) y teniendo un 2.50% (0.29 hectáreas) de suelo media de CE a diferencia de los muestreos anteriores (Figura 3.6).

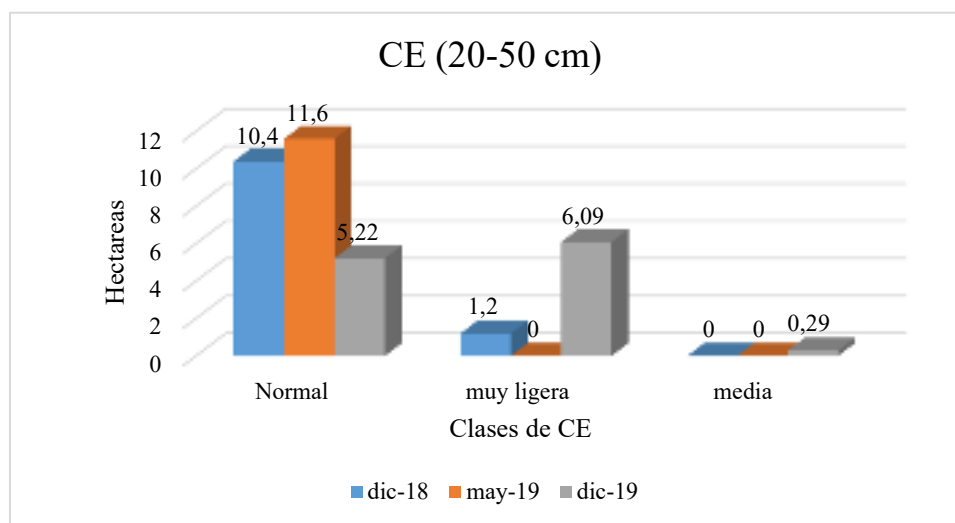


Figura 3. 6. Comparación de las clases de CE en los suelos de 20-50 cm.

En la tabla 3.5 se detalla que al realizar la prueba de Friedman existe una significancia de $P < 0.05$ en el muestreo realizado entre los meses que corresponde a diciembre 2018, mayo y diciembre del 2019.

Tabla 3. 5. Prueba no paramétrica de Friedman comparando la profundidad de 20-50 cm de los resultados de diciembre del 2018 a diciembre del 2019

Muestreo	Suma	Media	N	p-valor	
dic-18	71	1.78	40	0.05	A
may-19	49	1.23	40	0.05	b
dic-19	66	1.65	40	0.05	C

En esta profundidad de 20-50 cm la CE sigue la misma tendencia de incremento que Te en la antes mencionada de 0 – 20 cm. Aparecen superficies con salinidad media y aumentan las áreas en la categoría de ligera salinidad.

Al observar en el mapa temático de diciembre del 2019 (Figura 3.7), se puede apreciar que el lugar de mayor nivel de CE se encuentra en el cultivo de cacao (6.72 dS/m), es decir, que los valores más altos de CE media están en la misma zona de la profundidad de 0 – 20 cm, a diferencia del muestreo del mes de mayo la mayor conductividad eléctrica con 2.46 dS/m se encontró en zona del café (Figura 3.8).

Según Villón (2017) clones de cacao como: CCN-51; EET-576; EET-19; EET-575; EET-544; EET-558; EET-103; EET-95; EET-96, son cultivados en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE. De ellos solo el clon EET-576 es resistente a la salinidad de los suelos y agua, es decir, este podría ser el cultivar que menos afectaciones tendría debido a la salinidad de los suelos.

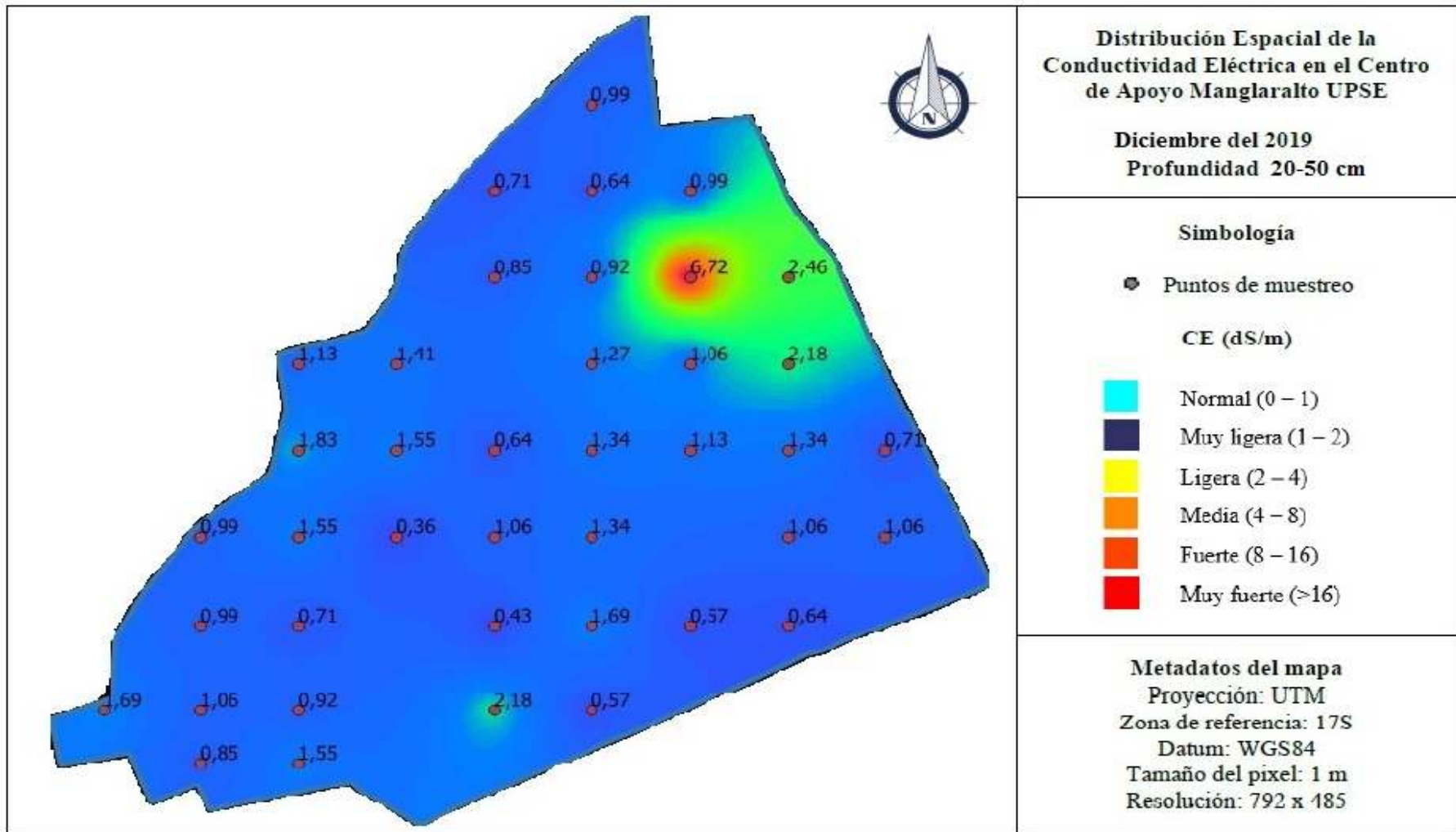


Figura 3. 7. Mapa temático de CE de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.

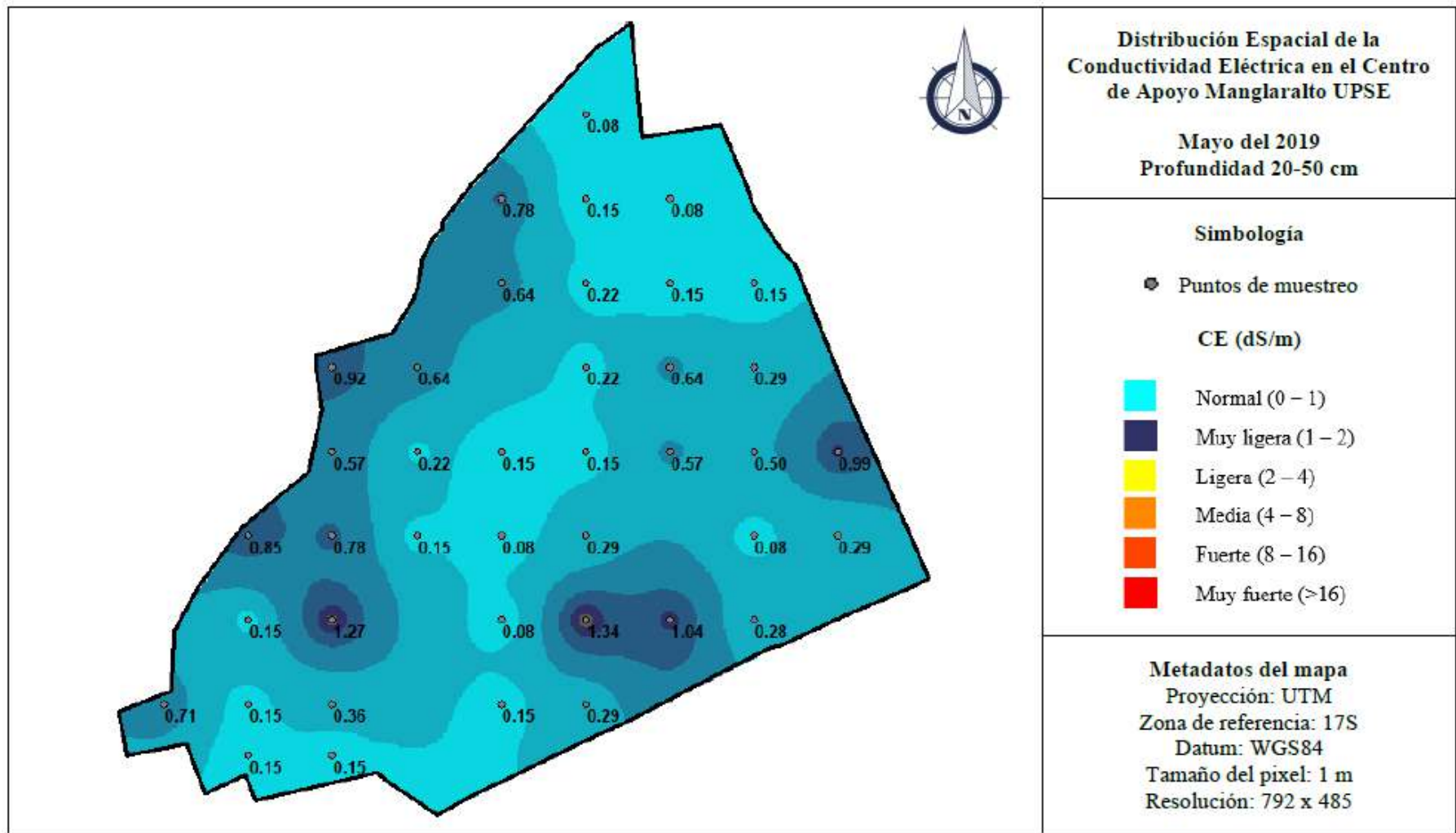


Figura 3. 8. Mapa temático con valores CE de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.

3.3. Análisis de pH del suelo

3.3.1. Datos de pH a una profundidad de 0-20 cm de la superficie

En el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE en el mes de diciembre del 2019 se obtuvieron resultados de pH a una profundidad de 0 – 20 cm mediante el uso de pHmetro. Los datos obtenidos varían entre ligeramente alcalino a moderado, obteniendo en el mes de diciembre un pH mínimo de 7.52 y un máximo de 8.84, es decir, que se tiene en el lugar 50% de pH ligeramente alcalino y un 50% de moderadamente alcalino a diferencia de los muestreos anteriores en los que predominaba el pH neutro Lino (2019).

El autor manifiesta que el crecimiento de las plantas puede verse afectado por el pH de varias formas: las condiciones adversas para el crecimiento que ocurren en los dos extremos de la escala de pH. Los suelos considerados muy ácidos (bajo pH), presenta dificultad en las plantas para un óptimo desarrollo cabe mencionar que algunos cultivos son tolerantes a la salinidad, mientras que otros suelos al ser muy básicos (elevado pH), es indispensable el uso de enmiendas para corregir las condiciones extremas del pH del suelo es esencial para alcanzar la máxima producción. Una sustancia es ácida cuando entrega neutrones (H^+) y es básica cuando gana neutrones.

La acidez del suelo se debe a pérdidas de las bases en suelos de zonas lluviosas por efecto de disolución de estas que percolan y se pierden por lixiviación en proporciones considerables. Se considera que los suelos ocupados por las bases, son sustituidos por el ión hidrógeno, de manera que al pasar a la solución del suelo produce una ligera reducción del pH, según Porta & López (2014).

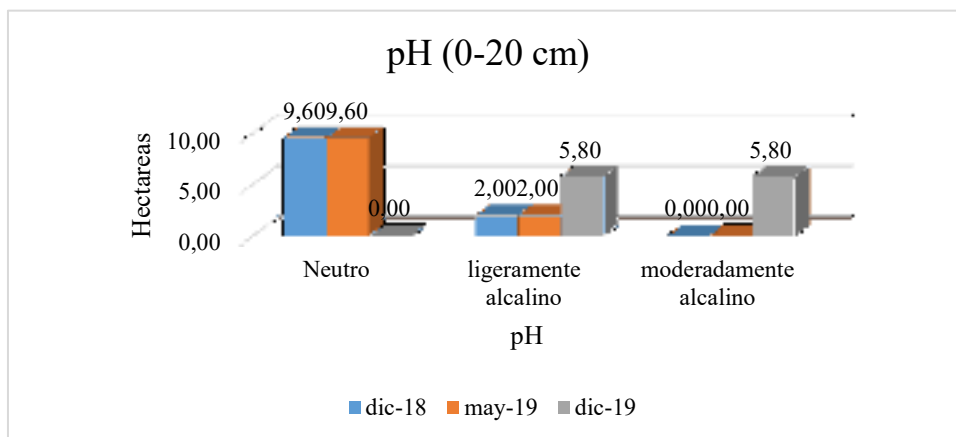


Figura 3. 9. Comparación de las clases de pH en los suelos de 0-20 cm

Los valores del pH del suelo en el mes de diciembre del 2019 se obtuvieron como resultado que corresponde que el 5.8 hectáreas de pH es ligeramente alcalino y el 5.8 hectáreas de pH es moderadamente alcalino (Figura 3.9). Las zonas donde presenta el pH moderadamente alcalino se encuentran cultivos de café, yuca y cacao, el cual puede ser perjudicial para la producción del cultivo y a su vez es afectado por disponibilidad de nutrientes que requiere el suelo.

En la medida en que el pH se incrementa por arriba de 7, volviéndose más alcalino, la disponibilidad de nutrientes como hierro, zinc, boro, manganeso y fósforo se reduce, limitándose fuertemente el crecimiento de las plantas.

El fósforo por lo general es afectado por la condición que contenga el pH del suelo. Este nutriente es más aprovechado por las plantas cuando el rango del pH está entre 6.0 y 6.5. Por arriba y por debajo de este rango, gran proporción del fósforo forma compuestos no absorbibles por las plantas con elementos como el aluminio, hierro, manganeso y zinc (cuando el pH es ácido) y con calcio (cuando el pH es alcalino). También nos dice que esto causa que las plantas absorban pocos nutriente, cabe mencionar que se debe realizar altas aplicaciones de fertilizantes fosfóricos, es decir que su función es proporcionarle nutrición en el metabolismo de la planta con un Ph fuera de rango Toledo (2016) .

Saldaña (2020) plantea que el pH es una de las características más importantes de los suelos, porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos. El cacao al considerarse un cultivo perenne en el Ecuador se desarrolla de una manera eficaz cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Cabe mencionar que también se adapta a rangos extremos que abarca desde muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5 hasta el pH de 8.5, donde la producción es deficiente, en estos suelos se deben aplicar correctivos o enmiendas.

El mismo autor afirma que mayormente las distintas variedades de plantas crecen o se desarrollan de manera eficaz en el rango de pH de 5.5 a 7.5. Sin embargo, recalca que cada especie y la mayoría de las variedades, poseen de un pH específico para expresar su potencial.

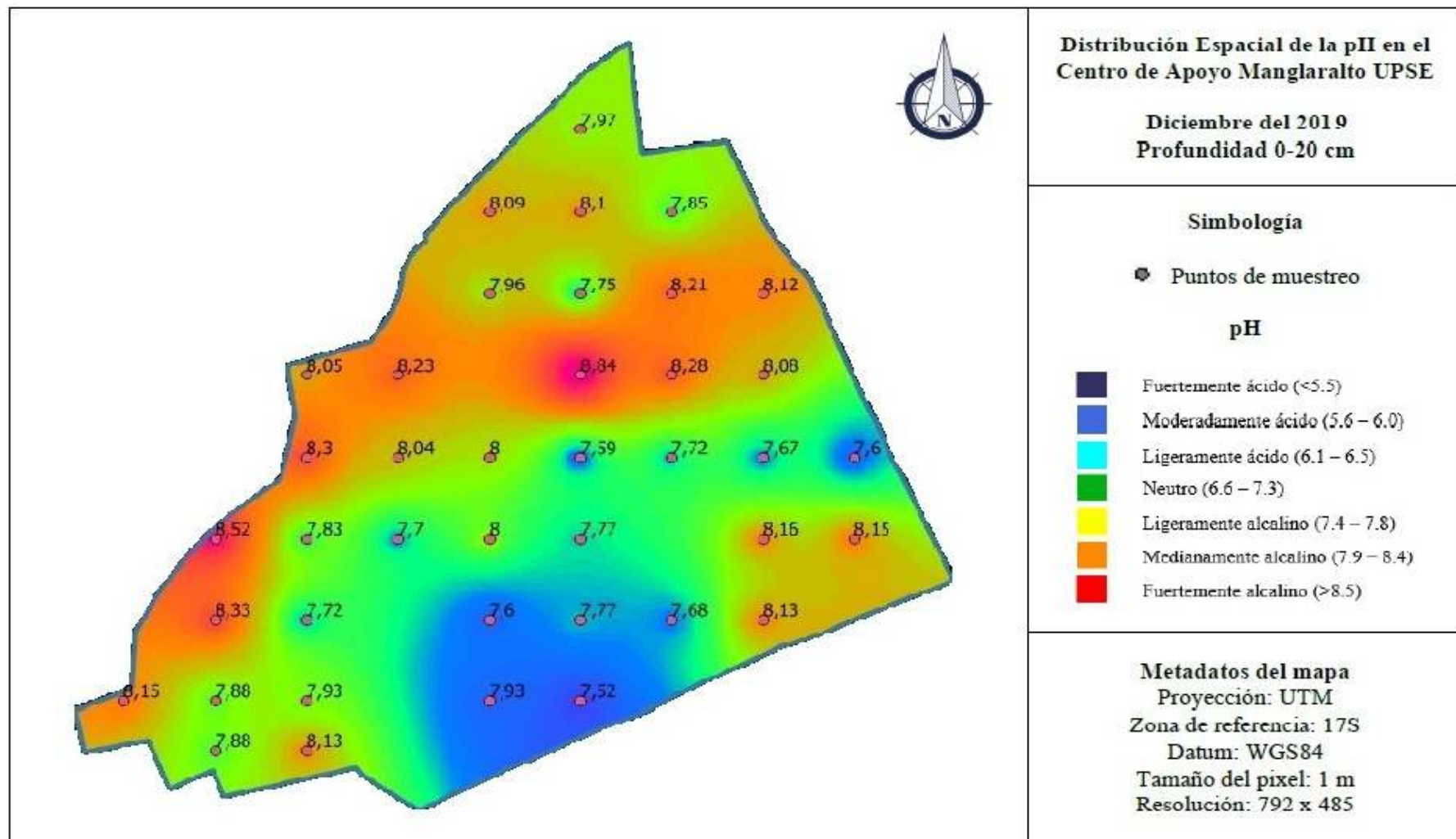


Figura 3. 10. Mapa temático de pH de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.

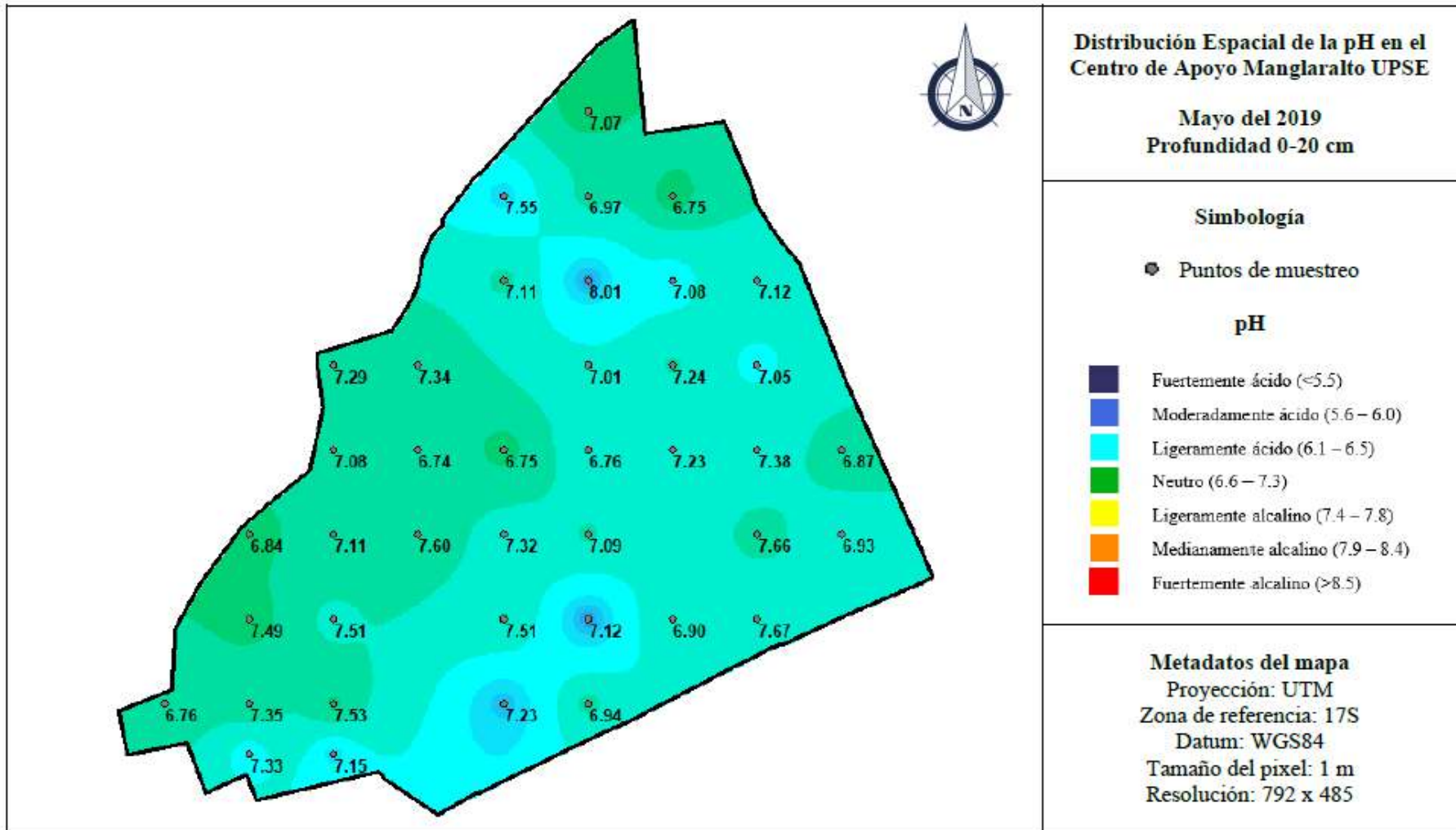


Figura 3. 11. Mapa temático de pH de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 0-20 cm.

3.3.2. Datos proporcionados de pH a una profundidad de 20-50 cm de la superficie.

Los resultados hallados en las muestras de suelo a una profundidad de 20-50 cm, en el mes de diciembre del 2019, proporcionan valores que oscilan entre suelos ligeramente alcalinos y moderadamente alcalinos, teniendo un mínimo 7.35 y un máximo de 8.45, con un 75% de la superficie del suelo con pH ligeramente alcalino y el 25% con suelos de pH moderadamente alcalinos. Estos cálculos en la práctica son de mucho valor.

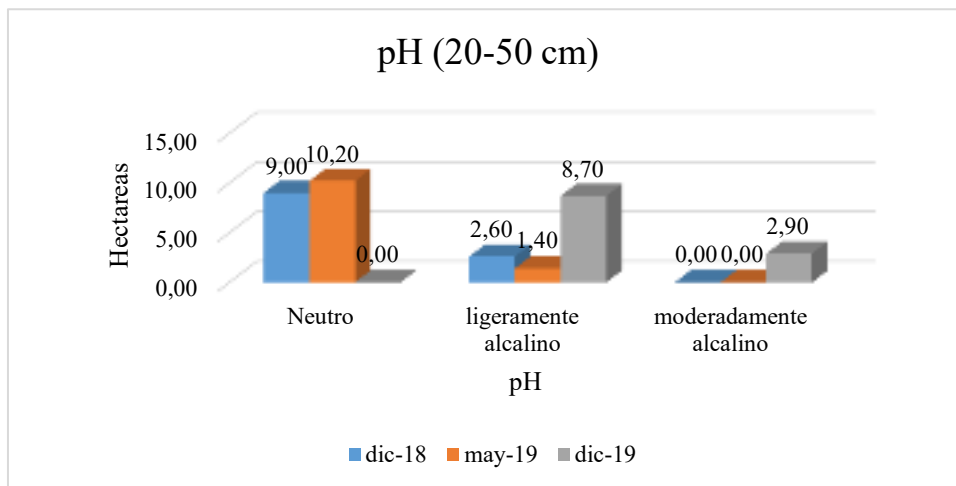


Figura 3. 12. Comparación de las clases de pH en suelos de 20-50 cm.

Los suelos con pH ligeramente alcalino corresponden a 8.7 hectáreas es decir aumentó respecto a los valores encontrados por Lino (2019), cabe recalcar que también hubo suelos moderadamente alcalinos con 2.9 hectáreas (Figura 3.12).

En la Figura 3.12 se muestra que en el mes de diciembre hay un punto de 8.25 que se clasifica como moderadamente alcalino donde se encuentra el cultivo de cacao.

Según Lechón (2014), la disponibilidad que se obtiene la mayoría de nutrientes en las plantas ocurre en el rango de pH de 6.5 a 7.5. Es decir que la solubilidad de las diferentes formas de nitrógeno, la que predominan las sales amoniacales o nítricas, en donde se modifica y supera mayormente a todo el intervalo de pH que presenta un suelo. Con respecto al fósforo es conveniente advertir que con un pH 6.5 su disponibilidad disminuye notoriamente, dado el caso que los elementos Fe y Al incrementan su solubilidad a su vez constituyen compuestos de fósforo que son insolubles y logran ser fijados por los coloides del suelo.

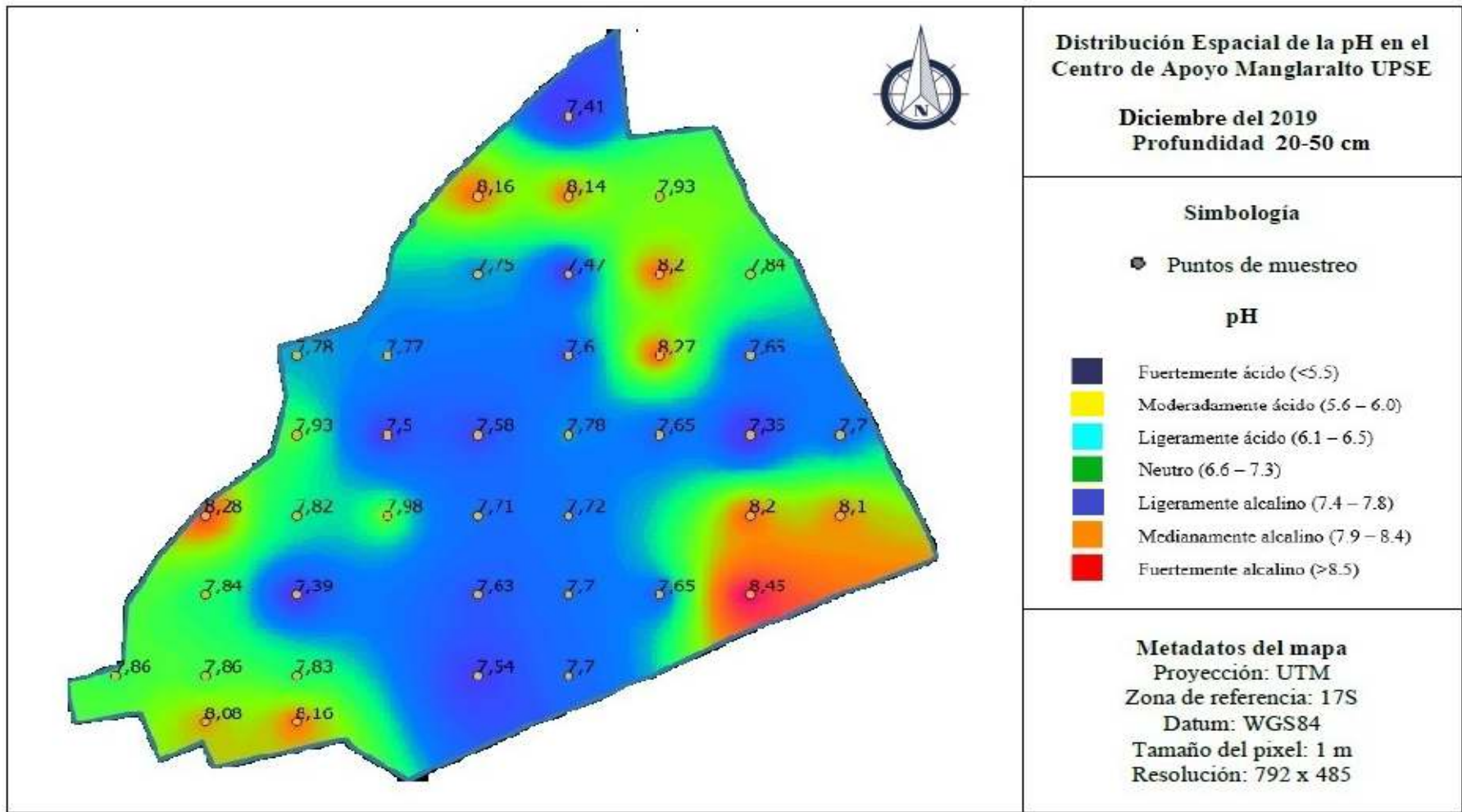


Figura 3. 13. Mapa temático con valoraciones de pH de los suelos de diciembre del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.

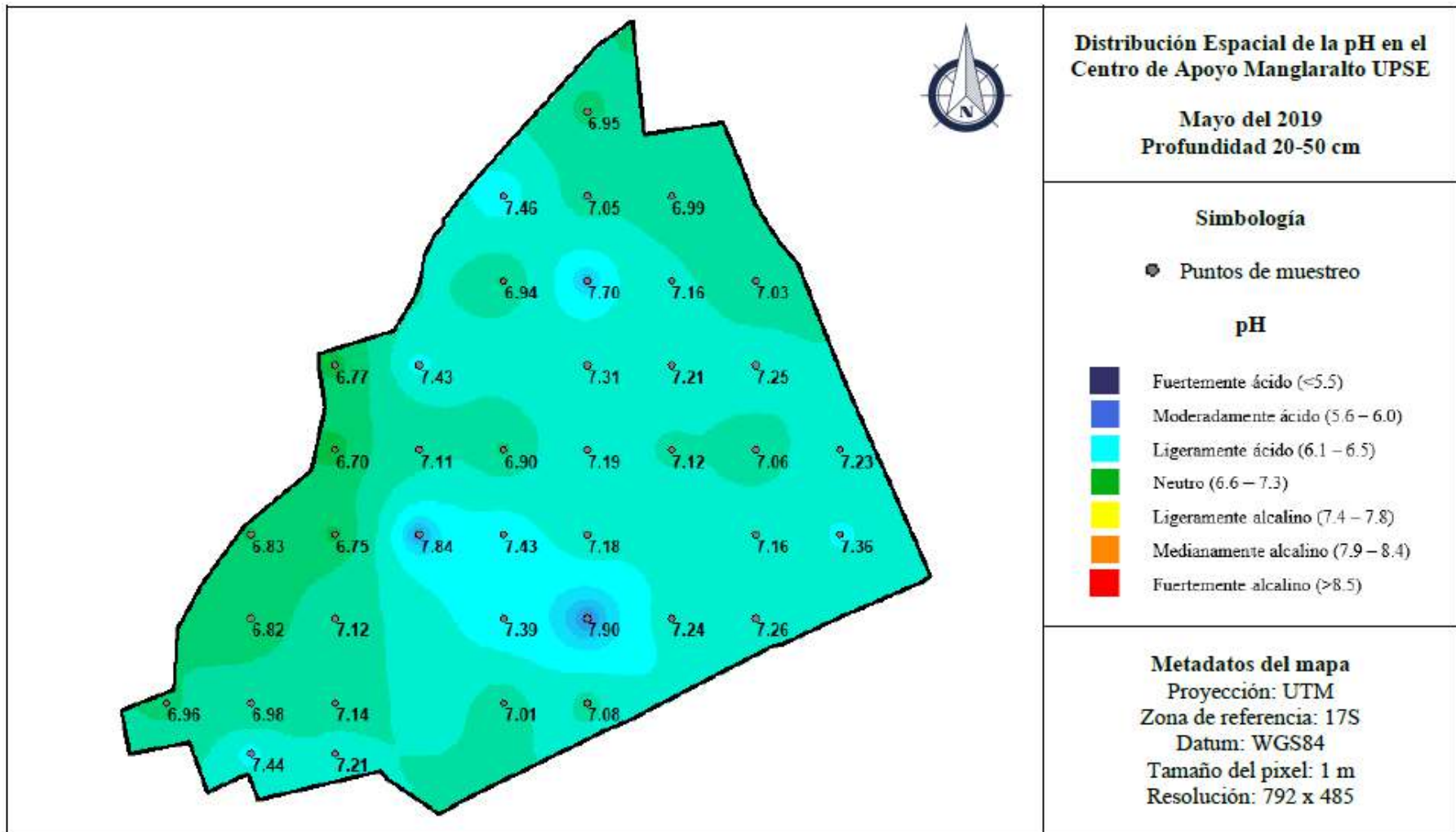


Figura 3. 14. Mapa temático con valoraciones de pH de los suelos de mayo del 2019 a una profundidad de 20-50 cm.

3.4. Análisis frecuente de calidad de agua

3.4.1. Conductividad eléctrica en agua

El análisis de las aguas del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE se determinó en muestras adquiridas en diferentes puntos utilizados para el riego de los cultivos para poder determinar la aplicación correspondiente en el tratamiento de los suelos que van a ser utilizados para los sembríos a ejecutarse, es de mucha importancia tener conocimiento que a las muestras extraídas en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero se les midió la CE y el pH en el laboratorio del CIAP de la Universidad con el apoyo de un conductímetro y peachímetro cuyo resultado se puede observar las Figuras 3.15, 3.16, 3. 17. Para tener la mayor precisión en las aplicaciones a efectuarse en el tratamiento de los suelos en beneficio de una mejor producción

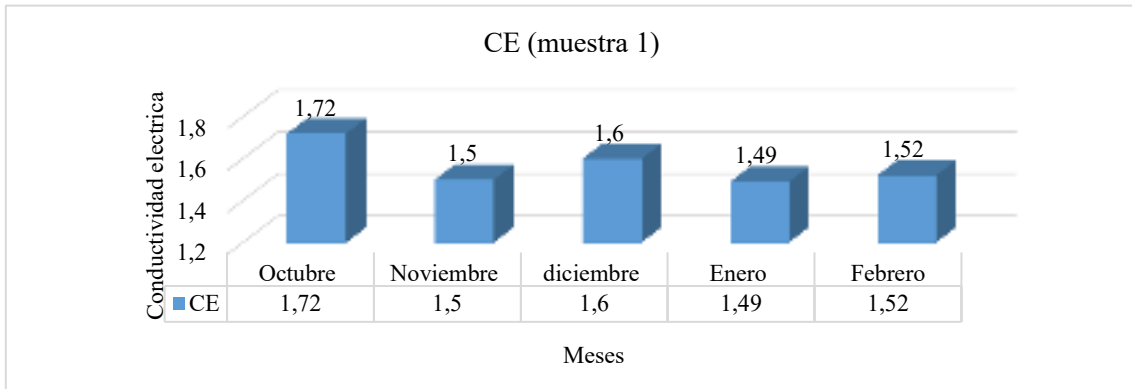


Figura 3. 15. Variación de la CE del agua en la localización del área de pozo desde octubre del 2019 a febrero del 2020

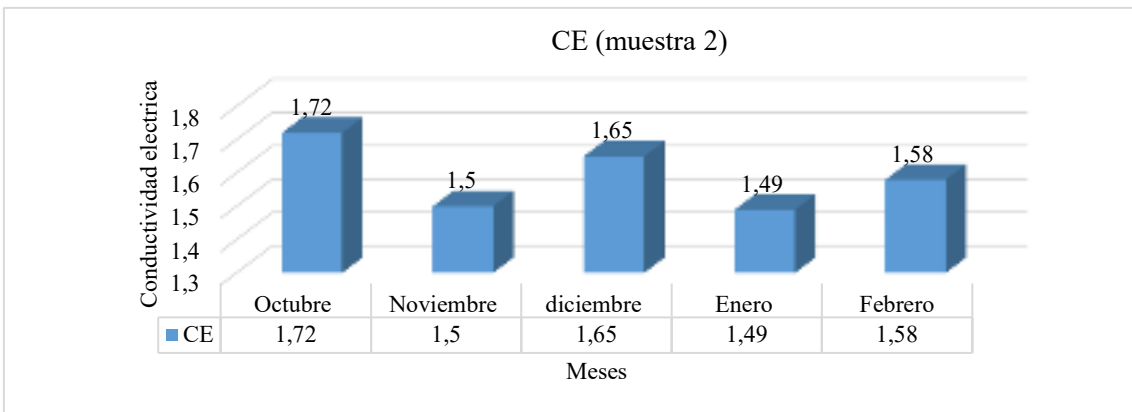


Figura 3. 16. Variación de la CE del agua en la localización del área de cacao desde octubre del 2019 a febrero del 2020

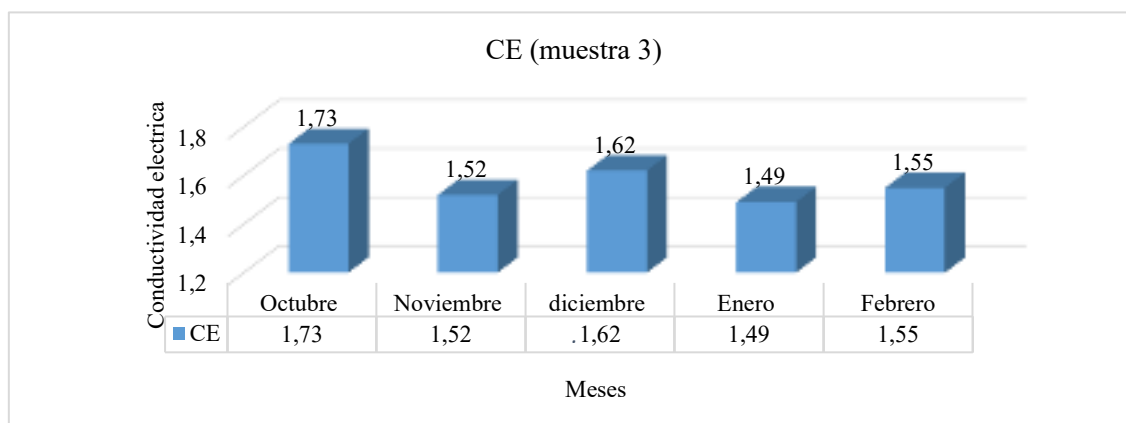


Figura 3. 17. Variación de la CE del agua en la localización del área porcina desde octubre del 2019 a febrero del 2020

De acuerdo con los criterios de Vega & Muñoz (2005) esas aguas son clasificadas como de calidad media, considerada como pauta o indicador beneficioso en el empleo apropiado para el riego de cultivos agrícolas que constituye en un riesgo de ligero a moderado accionar. Se recomienda que se apliquen sobredosis de riego para la lixiviación de las sales.

Padilla (2007) plantea que la salinidad del suelo se refiere al contenido de sales, es decir que a mayor concentración de sales en una solución del suelo, produce mayor cantidad de corriente eléctrica que también es transmitida a través de ella, esta investigación nos ayuda a la mejor preparación del suelo que va a ser utilizado, buscando a futuro una mejor calidad de producción. El agua pura es considerada por diferentes autores que es mala conductora de electricidad, mientras que el agua que contiene sales con solución puede conducir de manera estándar corriente en forma proporcional a la cantidad de sales disueltas dando cierta facilidad en la aplicación y utilización del agua determinada.

El mismo autor manifiesta que las sales se caracterizan mayormente por mezclas de cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos y boratos de sodio, magnesio y calcio. También menciona: el contenido total de sales o combinación de estas en el suelo, a su vez causan el elevado exceso de sales en la zona radicular, sin considerar el tipo de especie iónica, por lo que se tiene que realizar el respectivo tratamiento bajo el resultado encontrado, se considera que la sal perjudica la germinación, desarrollo y productividad de las plantas, por tal motivo es necesario la prioridad en buscar

soluciones para disminuir el contenido de sales. Se considera que las conclusiones de los trabajos investigativos deben quedar impresos para los análisis y futuras innovaciones. Muy necesarias en su aplicación por estar proponiendo las precauciones que a futuro servirán para cambiar y tratar de modificar el tratamiento de los suelos.

3.4.2. pH

En las Figura 3.18, 3.19 y 3.20 se muestran los valores de pH de las aguas de riego del Centro de Apoyo Manglaralto en los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2019 y enero, febrero del 2020.

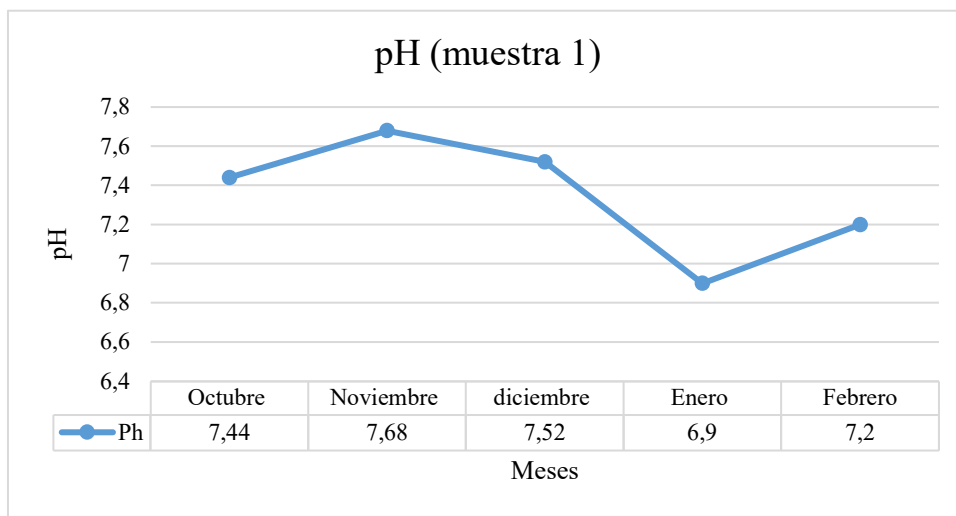


Figura 3. 18. Variación del pH del agua en la localización del área del pozo desde octubre del 2019 a febrero del 2020

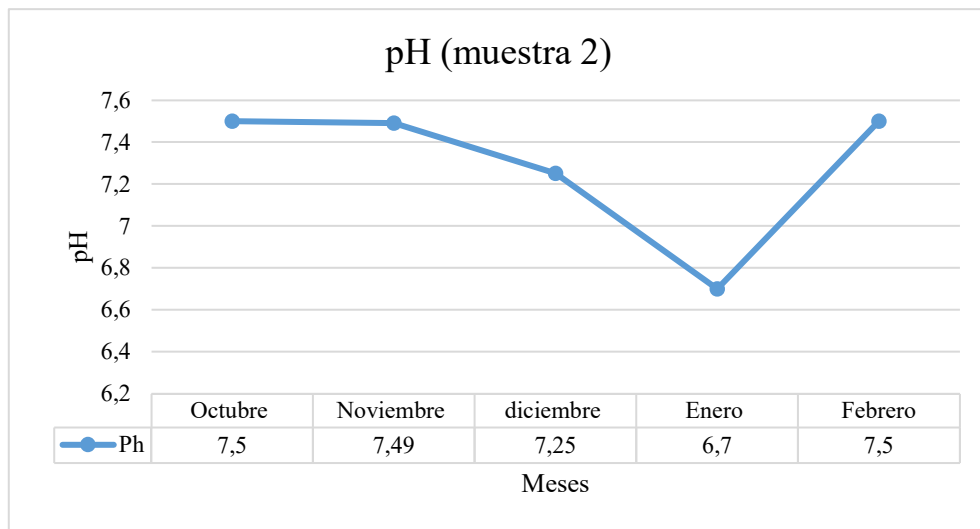


Figura 3. 19. Variación del pH del agua en la localización del área de cacao desde octubre del 2019 a febrero del 2020

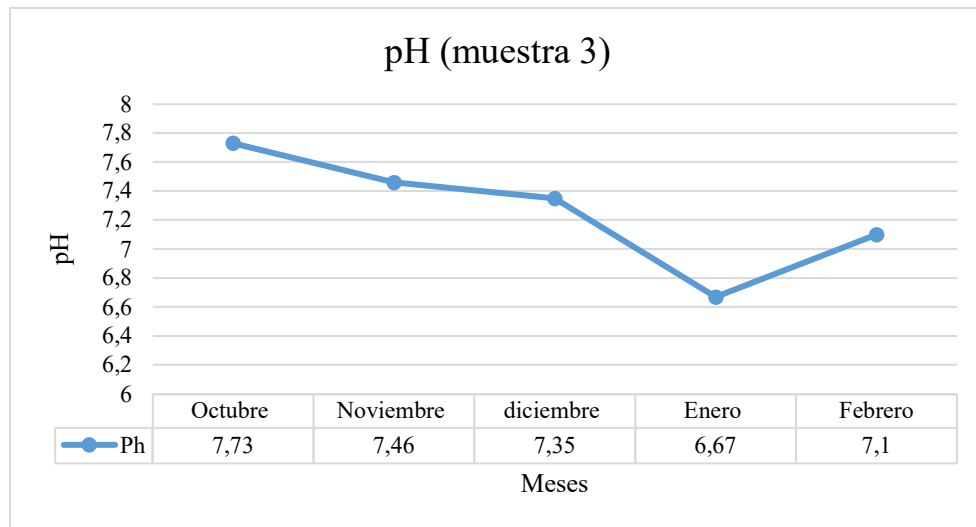


Figura 3. 20. Variación del pH del agua en la localización del área porcina desde octubre del 2019 a febrero del 2020

En la figura 3.20 se observa que en la muestra 3 se tuvo como resultado el pH más alto con 7.73 en el mes de octubre, se demuestra que en el mes de enero se obtuvo el valor más bajo del pH 6.67. Todos los valores obtenidos se hallan en el rango adecuado para las aguas de riego (6.5 – 8.0).

Calderón & Orellana (2015) manifiestan que la determinación del pH para agua es una medida de la capacidad o tendencia que posee el agua para ser ácida o alcalina. La mayor parte de aguas naturales poseen un pH entre 4 y 9 aunque en su mayoría tienden a ser ligeramente alcalinas por la presencia de carbonatos y bicarbonatos, sin embargo, valores de pH muy ácidos o muy alcalinos demuestran contaminación por desechos industriales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La salinidad de los suelos en las diferentes partes de áreas agrícolas del Centro de Apoyo Manglaralto existió una variación significativa realizada con la prueba no paramétrica de Friedman obteniendo como p-valor de 0.05 en la CE entre los períodos húmedo y seco.
- Se detectó un incremento de la conductividad eléctrica en el período seco, llegando a valores de 6,1 dS/m, perjudicial para los cultivos sensibles a la salinidad.
- La calidad de las aguas del pozo del Centro de Apoyo Manglaralto es media. Su uso en el riego constituye un riesgo de ligero a moderado, ya que su contenido de sales es variable según el tiempo.
- El pH de las aguas de riego se encuentra en el rango de valores aptos para el riego (6.5 – 8.0) durante todo el período de estudio.

Recomendaciones

- En el riego de los cultivos agrícolas se deben calcular los requerimientos de lavado para evitar la acumulación de sales aplicadas con las aguas de regadío que de cierta manera no son favorables para el total desarrollo.
- Proponer a la Facultad que se mantenga con estas investigaciones que es de vital importancia saber el comportamiento de suelos y aguas del lugar, indispensable para el desarrollo de los cultivos.
- Mencionar que el lugar con alto valor de conductividad eléctrica (cacao) sea reestablecido de manera inmediata ya que esto pueda ocasionar pérdidas económicas ya que la producción según el grado de salinidad será variable.
- Se sugiere que el laboratorio destinado para suelo y agua, tenga los implementos necesarios para llegar a medir otras variables como los análisis químicos que se requieran en una investigación, debemos estar en constante monitoreo, tanto en el tratamiento de los suelos como en el control de la germinación, crecimiento de las plantas y calidad del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCUEWEATHER. (07 de 12 de 2019). *Climatología* . Obtenido de Climatología : <https://www.accuweather.com/es/ec/manglaralto/130704/currentweather/130704>.
- Acosta, J., & Salvadori, J. (2017). *Evaluación de la calidad de Agua* . Argentina - Santa Rosa : Universidad Nacional de la Pampa.
- Amezqueta, E. (2002). *Problemática relacionado con la salinidad del suelo en Navarra* . Obtenido de Departamento de Agricultura y ganadería y alimentación : <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/DC788C10-FD10-4CAB-9829-67EAC828A8C6/0/NavarraSalinidadSuelos.pdf>
- Bonet, C., & Ricardo, M. (2011). Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en Empresa de Cultivos varios sierra de cubita . *Ciencias Tecnicas Agropecuarias* , 19-23.
- Calderon, C., & Orellana, V. (2015). *Control de calidad del agua potable que se distribuye en los campus: central, hospitalidad, balzay, paraiso, yanuncay y las granjas de irquis y romeral pertenecientes a a universidad de cuenca* . Cuenca- Ecuador : Vioquímica y Farmacia .
- Coaguila, D. (13 de abril de 2013). Análisis comparativo de métodos de interpolación espacial utilizando datos de evapotranspiración . *Instituto Regional de Ciencia Ambientales* , págs. 4080-4085.
- Combatt, E., & Narváez, H. (2015). *Estimación de la salinidad en aguas freáticas del área de influencia de la desembocadura del río Sinú- Córdoba*. Colombia: IDESIA, 56-63.
- Courel, G. (2019). *Suelos salinos y sodicos*. Tucuman: Cátedra de Edafología .
- Frolla, F. (Diciembre de 2015). <http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/art.7frolla-variabilidadespacial.pdf>. *Variabilidad espacial de la profundidad del suelo. Metodos de interpolacion para el sudoeste bonaerense* , 309-316.
- García, N. (2009). *Metodología de Sistema de Información Estadístico* . Bogotá: Colección Documentos-Actualización 2009.
- Ibáñez, J. (07 de 12 de 2020). *Un Universo invisible bajo nuestros pies (Los suelo y la vida)*. Obtenido de Tipos de suelo salino : <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/04/81822>
- INIAP. (2013). *Estación Experimental del Litoral Sur "Dr Enrique Ampuero Pareja"*. Laboratorios de suelo, tejido vegetales y aguas. Yaguachi- Guayas- Ecuador : Laboratorios de ensayo .

- Lamz, A., & González, M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura; la mejora vegetal una solución inmediata. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, págs. 33-34.
- Lazara, O. (2003). *Caracterización y Evaluación de la salinidad*. Costa Rica: Instituto de suelo.
- Lechón, M. (2014). *Determinación de la variabilidad en el grado de fertilidad de los suelos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha*. Quito-Ecuador : Facultad Central del Ecuador Facultad de Ciencia Agrícolas .
- Lino, J. (2019). *Comportamiento Espacial y Temporal de la salinidad de los suelos y aguas en el centro de apoyo Manglaralto UPSE*. Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena .
- Martinez, N., & Lopez, L. (2010). Efecto por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Medio ambiente y Desarrollo sustentable*, 156-161.
- Medina, E. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en tuxacuesco. *IDESIA*, 52-59.
- Mendez, J. &. (2013). Interpolación de variables de fertilidad de suelo mediante el análisis de kriging y su validación. *Agronomía Costarricense* , 71-82.
- Morales, A., & Vilorio, R. (2007). CONFIABILIDAD DE MODELOS DE REGRESIÓN PARA PREDECIR RETENCIÓN DE AGUA EN SUELOS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO GUÁRICO, VENEZUELA . *Edafología*, 19-24.
- Moreno, J. (2007). *Sistema y Analisis de la Informacion geografica*. . Madrid: Ra-Ma: Manual de autoaprendizaje con ArcGIS .
- Moya, T. (2002). *Riego localizado y fertirrigación*. Madrid: Editorial Mundi Prensa S.A.
- Padilla, W. (2007). *Fertilización de suelos y Nutrición Vegetal*. Quito: Clínica agrícola . AGROBIOLAB 327p.
- Porta, J., & Lopez, M. (2014). *Edafología uso y protección de suelos*. España: Mundi-Prensa.
- Ruiz, N. (2005). *La salinidad del agua de riego y de suelo*. Obtenido de Sistema de Asistencia al Regante: <file:///C:/Users/JoelBorbor/Downloads/salinidad%20agua%20riego%20y%20suelo.pdf>
- Sadeghian, S. (1 de Abril de 2016). *Programa de Investigación Científica fondo Nacional del Café*. Obtenido de La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café: <https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0466.pdf>

Saldaña, A. (2 de 12 de 2020). *Introducción a la agroforestería y Biodiversidad* .
Obtenido de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/09/manuales_agroforestal_en_cafe_cacao.pdf

Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras* .
Tegucigalpa, Honduras : PRIICA.

Vega, & Muñoz. (2005). *Cultivo del olivo con riego localizado: diseño y manejo del cultivo y la instalaciones, programación de riegos y fertirrigación* . España :
Mundi Prensa Libros S.A.

Villón, J. (2017). *"Comportamiento productivos de nueve genotipo de cacao (Theobroma cacao. L) en el quinto año de producción y prácticas Manglaralto de la UPSE"*. Santa Elena - Libertad : UPSE.

ANEXOS

Formato 1A. Etiqueta para el muestreo de diciembre del 2019


	Universidad Estatal Península de Santa Elena Facultad de Ciencias Agrarias Carrera de Ingeniería Agropecuaria
Lugar: Manglaralto	
Predio: Centro de Apoyo UPSE Manglaralto	
Ubicación: 528739; 9796260	
No Muestra: 1	
Profundidad: 0 – 20 cm	
Fecha de muestreo: diciembre 2019	
Realizado por: Joel Borbor Tigreiro	



Figura 1A. Toma de muestra de suelo en el mes de diciembre 2019



Figura 2A. Muestras de suelo recolectadas



Figura 3A. Secado al ambiente las muestras, previo al análisis de regresión



Figura 4A. Pesaje de muestra de suelo (20 gramos)



Figura 5A. Mezcla de relación 1 de suelo y 5 de agua y puesto en un agitador orbital



Figura 6A. Filtración de agua para medir la CE



Figura 7A. Medición del pH y CE



Figura 8A. Muestras de agua recolectadas del Centro de Apoyo Manglaralto