

# Caracterización físico-química desde el punto de vista agrícola de los suelos en la zona de riego del proyecto multipropósito Chone

David Vinicio Carrera Villacrés;Paulina Valeria Guevara García;Grace Nataly Gualichicomín Juiña.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
Departamento de ciencias de la Tierra y la Construcción  
Av. General Rumiñahui s/n, Sangolqu, Ecuador  
dvcarrera@espe.edu.ec

**Resumen**— La agricultura es la segunda actividad más importante en la provincia de Manabí, acorde con eso, el cantón Chone se ha caracterizado por su potencial agropecuario, además, aporta con una suma considerable de frutas cítricas que son apetecibles en el mercado nacional e internacional, pero problemas como las inundaciones y la sequía ponen en riesgo esta actividad, de ahí, se consideró la importancia de un estudio preliminar de las características de los suelos desde el punto de vista agrícola. Debido a todos los problemas que atraen las inundaciones, el gobierno desarrolla el proyecto Multipropósito Chone (PPMCH) que tiene dos finalidades, la primera dotar de agua potable al cantón Chone por medio de la construcción de una represa y la segunda evitar inundaciones a través de un sistema de desagüe y encauzamiento del río Grande y, regar 2250 ha en las parroquias de Ricaurte, Santa Rita y San Antonio, también los sitios: Garrapata, San Andrés y el Guabal. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue caracterizar física y químicamente desde el punto de vista agrícola los suelos que serán regados al terminar la fase dos. Para la toma de muestras se utilizó el método de zig-zag en el cual se seleccionaron 7 puntos de muestreo georeferenciados en los cuales se tomaron muestras cada 20 cm hasta una profundidad de 60 cm. Los parámetros que se analizaron en cada uno de los perfiles fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica en los extractos de suelo 1:≈0.2-0.6, 1:5 y 1:10; además, de humedad, densidad aparente, densidad real, y porosidad, estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de Medio Ambiente de la Universidades de la Fuerzas Armadas – ESPE y finalmente con los datos obtenidos se procedió a representarlos espacialmente, por medio de mapas utilizando la herramienta de interpolación kriging de la extensión Spatial Analyst del software ArcGis 10.1. Los suelos analizados presentaron en promedio un pH de 6,79, es decir, son suelos de buena calidad agrícola y presentan baja movilidad de los elementos potencialmente tóxicos en el caso de una contingencia ambiental. El promedio de la CE fue de 0,34 dS m<sup>-1</sup> lo que significa suelos de baja salinidad. La materia orgánica varió desde 0,0020% hasta 0,83%, en resumen, son suelos pobres. El promedio de la porosidad fue de 50,6%, en consecuencia, son suelos francos. Así, es necesario un plan de manejo y control continuo del recurso suelo para apoyar a los agricultores de la zona de riego del PPMCH.

*Palabras clave: humedad, pH, materia orgánica, porosidad y salinidad.*

## I. INTRODUCCIÓN

La Cuenca del río Chone está formada por cuatro microcuencas, la del río San Lorenzo, río Garrapata, río Mosquito y la del río Grande que es la que va a irrigar a 2250 ha. La microcuenca del río Grande tiene una extensión de 60 km<sup>2</sup> ubicada a ocho kilómetros de la ciudad de Chone, en la provincia de Manabí. En la construcción del PPMCH, se consideran dos fases, la primera implicará una represa en el Río Grande y el desagüe de su cauce en las parroquias de Ricaurte, Santa Rita y San Antonio, además de los sitios: Garrapata, San Andrés y el Guabal [1]. La segunda fase dotará de agua para riego a 2250 ha beneficiando a 2000 familias, por consiguiente, es necesario conocer las características y evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo como elemento primordial previo a la ejecución de la fase dos.

El objetivo de esta investigación fue determinar y analizar los parámetros de caracterización del suelo como son: humedad, densidad aparente, densidad real, porosidad, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica para los 7 perfiles de la zona de riego a 3 profundidades diferentes (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm) para posteriormente determinar la calidad agrícola de los mismos. Este estudio aportará en entender los procesos físicos y químicos que ocurren en la relación agua, suelo y planta de la zona de riego cuando la fase dos del PPMCH entre en operación.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras de suelo para el presente estudio se realizó en las zonas que van a ser irrigadas al concluir la fase dos del proyecto Multipropósito Chone.

La ciudad de Chone es la cabecera cantonal del Cantón del mismo nombre, perteneciente a la Provincia de Manabí, ubicada en la región litoral o costa, al occidente de la República del Ecuador. La ciudad está localizada en las coordenadas geográficas UTM N 9'923.000 y E 601.000.

Las condiciones climáticas de la región la definen como una zona de características extremas, con precipitaciones anuales superiores a los 3500 mm y menores a los 500 mm en otros. La temperatura media de la ciudad es de aproximadamente 25° C y la humedad relativa está en el orden del 85% [2].

Los suelos de la región se han desarrollado sobre materiales volcánicos, conformando el zócalo de rocas volcánicas (basaltos, diabasas) conocido como "Complejo Volcano-sedimentario Piñón". Y es a partir del Cretáceo Superior hasta el Eoceno Inferior donde se producen varias sedimentaciones, conformando, depósitos de origen marino, sedimentos continentales y próximamente materiales detríticos más finos como limos arenosos, que dieron lugar a las distintas formaciones como, Canoa, Onzole, Borbón, Cayo, entre otras [3].

Actualmente continúan formándose depósitos coluviales y aluviales, de la sedimentación de material clástico producto de la erosión de las partes altas de las formaciones existentes y depósitos aluviales, que rellenan los valles formados por los ríos y parte de las cuencas hidrográficas. El uso principal de la tierra es agrícola con predominio de producción de maíz y, en menor proporción, se halla cobertura de pasto.

## I. MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELOS

Los perfiles fueron siete, en cada perfil se tomaron tres muestras: de 0 a 20 cm, de 20cm a 40 cm y de 40cm a 60cm, aproximadamente 1 kg de suelo en cada sitio y profundidad. La metodología que se detalla en la normativa mexicana [4] se aplicó para definir los sitios de muestreo y el tratamiento de las muestras de suelo.

Los análisis realizados para caracterizar los suelos de Chone fueron: pH y conductividad en extractos de relaciones 1:5, 1:10 y 1:≈0.2-0.6; materia orgánica en el extracto de saturación; adicionalmente pH, conductividad eléctrica, densidad real, densidad aparente y porosidad con los métodos presentados a continuación.

TABLA 1. Determinaciones físico-químicas para los suelos

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
Humedad del suelo	Método Gravimétrico AS-05 ,NOM021 [5].
Densidad aparente	Método del cilindro de volumen conocido [6].
Densidad real	Método del picnómetro AS-04, NOM021 [5].
Porosidad	Método propuesto por Aguilera C. y Martínez E. [7].
pH	Método electrométrico AS-02, [5].
Conductividad eléctrica	Método AS-18, [5].
Concentración de Materia Orgánica	Método de calcinación o ignición [8].

## II. ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

Para estudiar la distribución espacial de la conductividad eléctrica del suelo y la materia orgánica; en las zonas de riego y en la cuenca del río Chone, se recomienda realizar una interpolación llamada "Kriging", que brinda información donde no hay datos disponibles y permite construir un mapa de isolíneas de esta propiedad [9]. Kriging utiliza métodos de auto correlación espacial, éstos métodos funcionan cuando la variación de un atributo es irregular, y la densidad de las muestras es tan alta, que los métodos de interpolación pueden dar predicciones irreales [10].

El kriging emplea una medida de correlación espacial entre 2 puntos en el cual los valores cambian de acuerdo al arreglo espacial de las muestras, a diferencia de otros procedimientos de estimación, el kriging proporciona una medición del error o incertidumbre de los valores estimados [11].

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Humedad

La humedad del suelo es la proporción de masa de agua contenida en una muestra de suelo respecto a masa de materia seca en esa muestra [12]. En relación a la estructura del suelo, éste posee de un 20 a 30% de poros, y se puede expresar de varias maneras, relación de peso (gravimétrica), relación de volumen (volumétrica) o con relación al volumen de poros ocupados por agua (grado de saturación) [13].

La humedad juega un papel importante en los procesos de formación de suelos, el movimiento de diferentes sustancias en los espesores de suelos se realiza fundamentalmente en forma de soluciones y como resultado se forma el perfil de suelo [6].

En la Fig. 1 se tiene la distribución de la humedad en los siete perfiles de las muestras de suelo tomados en las zonas que van a ser regadas

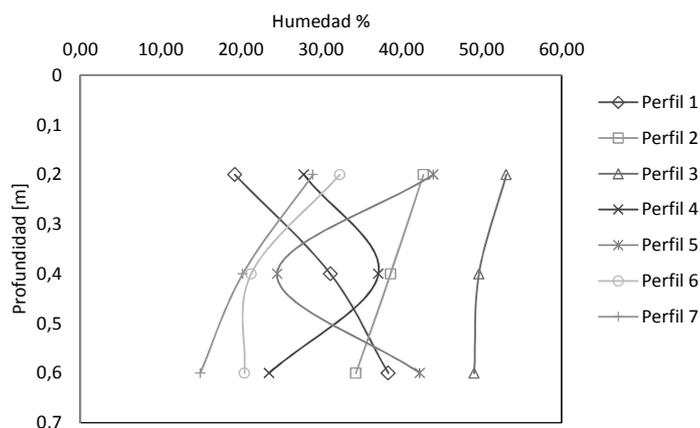


Figura 1. Distribución vertical de Humedad por perfiles

El perfil 1 es el que tiene menor contenido de humedad y el perfil 3 el mayor en la profundidad de 0 a 20 cm. El perfil 1 se encuentra ubicado a 113 m al noroccidente del perfil 3, encontrándose relativamente cerca uno del otro. Sin embargo, las variaciones en los contenidos de humedad para los suelos y espesores subyacentes se debió a los diferentes niveles que alcanzaron en la cristalización de los materiales amorfos de los sedimentos pelíticos, para los espesores inmediatamente subyacentes, y a la longitud del tiempo de intemperismo al que fue sometido los materiales de los estratos superiores-superficiales [14].

El contenido de humedad del suelo varía por: la influencia del clima, el tipo, la profundidad y la cantidad de materia orgánica del suelo [15].

El promedio de los porcentajes de humedad de los siete perfiles de las muestras obtenidas, a la profundidad de 0 a 20 cm, es mayor que las otras dos profundidades, debido a que ésta se encuentra en la parte superficial del suelo, la cantidad de humedad que presenta el suelo de acuerdo a su profundidad se debe a la capacidad de absorción que tiene el mismo.

Debido al alto porcentaje de humedad estimado, se presume que el suelo tiene alto contenido de arcillas, provenientes de la erosión que provoca la corriente del Río Chone, así como las que originan la corriente de reflujo, en los márgenes de dicho río. Puesto que los suelos arcillosos son de drenaje más lento, ya que retienen mayor cantidad de agua que los suelos arenosos por su tamaño de partícula, se presume que se maximizará la infiltración y reducirá la escorrentía en la zona.

#### b) *Densidad aparente*

La densidad del suelo puede llegar a ser un factor crítico en la productividad del suelo, cuando sobrepasa  $1,7 \text{ g/cm}^3$  la conductividad hidráulica será baja y habrá dificultades en el drenaje [16]. Sin embargo, no es el caso del muestreo de suelos de la zona de influencia del proyecto multipropósito Chone, el menor y mayor valor de la densidad aparente fue de  $0,98$  y  $1,24 \text{ g/cm}^3$  respectivamente; estos datos también se encuentran dentro del rango de suelos minerales arcillosos, de acuerdo a [4] ya que ésta establece que, los suelos ubicados en una densidad aparente de  $1,0$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$ , son suelos arcillosos.

La clasificación en base a la densidad aparente indica que el perfil edafológico 1 tiene suelos arcillosos excepto en la profundidad en metros de  $0 - 0,20$  intervalo en el cual es franco. Los perfiles 2, 3 y 5 son arcillosos en todas sus profundidades. Los perfiles 4 y 6 son arcillosos excepto de  $0 - 0,60$  m. donde son francos. El perfil 7 es arcilloso con excepción de la profundidad de  $0 - 0,20$  m. donde es orgánico y con cenizas volcánicas.

En resumen, de 21 muestras de suelo analizados de acuerdo a la densidad aparente el 81% son suelos arcillosos, 14% son

francos y 5% son orgánicos y con cenizas volcánicas, predominando notablemente la textura arcillosa.

Con la caracterización realizada se puede afirmar que las muestras corresponden a suelos que en un contingente, por ejemplo, el derrame de un elemento potencialmente tóxico, debido a su textura, la contaminación no será rápidamente desplazada de forma horizontal y vertical, porque este tipo de suelos, como lo menciona [17], poseen micro-poros, que impiden el rápido desplazamiento de contaminantes solubles en el suelo, sino que más bien tienen la capacidad de retención de agua o de aquellos contaminantes que son solubles en agua.

#### c) *Densidad real*

El contenido de los distintos elementos constituyentes de los suelos es el que determina las variaciones de su densidad real, por lo que la determinación de este parámetro permite estimar su composición mineralógica. Si la densidad real es inferior a  $2,65 \text{ g/cm}^3$ , se puede pensar que el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a  $2,65 \text{ g/cm}^3$  se puede inferir que posee un elevado contenido de óxidos de Fe o minerales ferro magnésicos. [18]

Para un horizonte dado será prácticamente constante a lo largo del tiempo al ser independiente de la estructura y variar poco la naturaleza de las partículas; los minerales de arcilla tienen una densidad real de  $2,0$  a  $2,65 \text{ g/cm}^3$  [19].

Al comparar los valores obtenidos se observa que la gran mayoría de los datos obtenidos (90,4 %) corresponden a minerales de arcilla, excluyendo tan solo las muestras de  $0,4 - 0,6$  m del perfil 3, y de  $0 - 0,2$  m del perfil 5 [17]. Pero según [20] el 100% de los datos ingresan en la categoría de arcillas.

Un suelo arcilloso retiene los metales pesados de diferentes formas o fases: como fase intercambiable en la superficie de minerales de arcilla, unidos a óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, absorbidos por las materias orgánicas y unidas a carbonatos [21].

#### d) *Porosidad*

La porosidad es el volumen total de poros en la unidad de volumen del suelo. Las determinaciones de las porosidades (total, poros ocupados por agua y poros de aireación), se basan en la utilización de los valores de la densidad real, la densidad aparente y la humedad natural para poder realizar sus cálculos.

La porosidad del suelo es definida como el cociente entre el volumen de poros de una muestra y el volumen total aparente [22]. La porosidad al ser la diferencia dada entre el volumen de vacíos y el volumen total se encuentra en conexión directa con la densidad de los suelos. Según, [23] cita que suelos arenosos poseen una densidad del suelo de  $1,20$  a  $1,80 \text{ g/cm}^3$  y una porosidad de 35 a 50%, mientras que suelos arcillosos poseen

una densidad de 1,00 a 1,60 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 40 a 60%.

Al realizar un promedio en cada perfil el menor valor obtenido fue de 46,60% en el perfil 5 y el mayor valor fue 53,65% en el perfil 7. Entonces, según la interpretación de los datos en base a [7], los perfiles de suelo estudiados son de textura franca, con un considerable contenido de arcilla. Encontrando un solo valor (Perfil 5; 0 -0,2 cm) que difiere significativamente con los demás, correspondiendo más bien a una textura arenosa.

La porosidad afecta, además, el crecimiento de las raíces de los cultivos [24]. Porosidad y retención de agua son dos parámetros que se encuentran estrechamente vinculados ya que la capacidad de retención de agua en el suelo es dependiente del número de poros, de la distribución de tamaño de poros y de la superficie específica de cada suelo [25]. En [26] se estudió la distribución del espacio poroso con diferentes manejos de suelo y se encontró que al agregar materia orgánica aumentan los poros de mayor diámetro, que retienen el agua con menor energía.

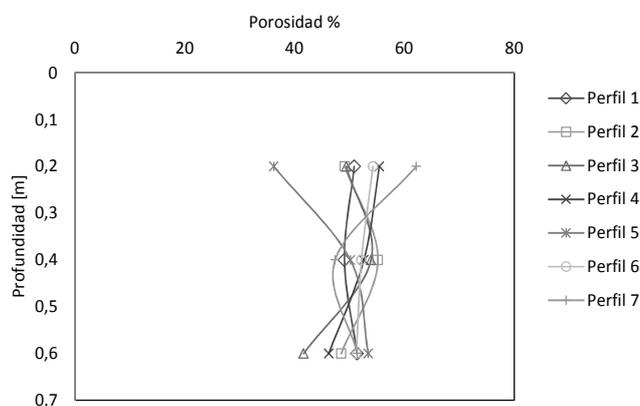


Figura 2. Porosidad del muestreo de suelos de la cuenca del Río Grande

Con estos datos se realizó un mapa de distribución de la porosidad (Fig.2) a lo largo de la zona del Cantón Chone que corresponde a la cuenca del Río Grande donde se observó que en la parte central-norte de la zona de estudio se encuentran más texturas francas y hacia el sur y los costados la textura se vuelve arcillosa; esto se justifica en el hecho de que la zona estudiada presenta en su génesis geomorfológica sistemas como: relieves estructurales sobre sedimentos terciarios, medios aluviales y colinas sobre sedimentos terciarios, conformando formaciones geológicas como: valles fluviales, con complejos de terrazas indiferenciadas y colinas sobre arcillas y lutitas en su parte sur; y Paisajes compuestos de cuevas sobre areniscas y conglomerados; lutitas, limolitas y areniscas tobáceas en su parte nor-central [27].

#### e) pH

El pH del suelo es una medida de la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) en la disolución del suelo (expresa, por tanto, su grado de acidez o alcalinidad). Según los valores del pH, se pueden considerar las siguientes categorías de suelos: fuertemente ácido ( $pH < 5$ ); moderadamente ácido ( $pH$  comprendido entre 5,1 y 6,5); neutros ( $pH$  entre 6,6 y 7,3); medianamente alcalinos ( $pH$  entre 7,4 y 8,5); y fuertemente alcalinos ( $pH > 8,5$ ) [28].

En la Figura 3, se tiene la distribución de pH para la relación 1:10 en los siete perfiles de suelo, donde resulta evidente que el perfil 5 y 3 presentan los mayores valores de pH y el perfil 6 el menor valor.

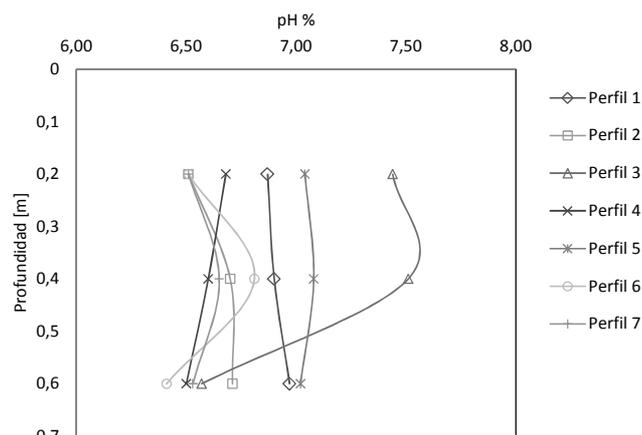


Figura 3. Distribución vertical del pH por perfiles

Los suelos cuyo pH es menor de 7,5 casi nunca contienen carbonatos de metales alcalinos térreos y si el pH es menor de 7,0 el suelo seguramente contendrá cantidades considerables de hidrógeno intercambiable [16]. Dentro del análisis del pH de los perfiles se encontró una variación que va desde 7,17 a 6,56; lo que indica una neutralidad de los suelos.

Según [6] estas condiciones se dan en parte porque el ión  $HCO_3^-$  es una base débil y el  $CO_3^{2-}$  es una base fuerte, por lo que el sistema  $HCO_3^-/CO_3^{2-}$  es un sistema tampón; lo que quiere decir que el suelo tiende a estabilizar o neutralizar su pH de manera que exista un equilibrio dentro de las reacciones realizadas en el suelo.

Además señala que el  $CaCO_3$  aumenta hacia los horizontes inferiores, no sucediendo lo mismo con el  $SO_4^{2-}$  que se acumula como resultado de los fenómenos de eluviación.

La experiencia y el estudio estadístico indica la relación del sodio intercambiable con el pH, por lo que para pH menores a 7,5 como en el caso de los resultados obtenidos, se concluye que los suelos de la zona serán libres de carbonatos alcalinotérreos [29].

Una característica importante dentro del análisis del pH es la movilidad de los elementos potencialmente tóxicos (EPT), la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH

ácido porque son menos fuertemente adsorbidos, excepto el As, Mo, Se y Cr, que son más móviles a pH alcalino [30].

Existe una alta movilidad en los suelos con pH ácido, ya que combinada con la capacidad de adsorción hacen que los metales se encuentren mucho más móviles y disponibles dentro del suelo. Cabe recalcar que en pH neutro (rango de 6,6 a 7,3) los estados de movilidad de la mayoría de iones presentes en los suelos es media, o podría traducirse como una estabilidad en su interacción con el recurso edáfico [4].

Finalmente el pH, como indicador químico hace referencia a las condiciones que afectan la relación suelo-planta, y a la calidad y disponibilidad de agua, nutrimentos para las plantas y los microorganismos. Valores de pH entre 6,0 y 7,5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de cultivos. Adicionalmente, el pH del suelo afecta la actividad de los microorganismos beneficiosos y la disponibilidad de nutrientes [31].

#### a) Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es la propiedad que tiene un material de transmitir o conducir una corriente eléctrica, encontrándose influida por diversos factores del suelo como la porosidad, concentración de electrolitos disueltos, textura, cantidad y composición de los coloides, materia orgánica y contenido de agua en el suelo, justificando así el estudio de la variabilidad espacial de la CE y las propiedades del suelo [39]. Generalmente se expresa en mmhos/cm o en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  [21], y de forma global corresponde a las sales solubles como son el  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$  (cationes) o  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{OH}^-$  (aniones) [32].

La conductividad en la relación  $1:\approx 0.2-0.6$  es recomendada como método general para la valoración de la salinidad en relación con el crecimiento vegetal [16].

Para la profundidad de 0-20 cm, los valores altos en conductividad se encuentran en el extracto de saturación, siendo el mayor de 0,691 dS/m, perteneciente al perfil 2 seguidos del perfil 1 y perfil 3. Para la profundidad de 20-40cm el valor mayor de conductividad se encuentra en el perfil 3 siendo éste de 0,502 dS/m que también pertenece al estrato de saturación como en el caso anterior. Los valores obtenidos en la medición de la conductividad eléctrica son menores a 1dS /m o en su equivalencia menores a 1mmho/cm. Según [33] determina cinco clases de salinidad dependiendo de los valores medidos, para este caso, los valores obtenidos tienen efectos casi despreciables en los cultivos y con pocos organismos afectados, por lo tanto, los suelos de Chone resultaron ser no salinos.

Para la profundidad de 40-60 m el valor más alto de conductividad está en el perfil 1 perteneciente a la relación  $1:\approx 0.2-0.6$  como en los tres casos anteriores, es decir la conductividad eléctrica presente en el suelo de Chone tiene una

relación inversamente proporcional en cuanto a sus relaciones suelo/agua ya que en la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad. Según [34] a medida que el suelo se seca, la CE de la solución del suelo va en aumento. A una misma cantidad de sales aplicadas al suelo, la concentración de las sales en la solución de suelo en capacidad de campo será menor, cuanto más agua sea capaz de retener el suelo.

Con estos datos se puede resumir que la CE que presenta este suelo es baja y no presenta problemas con este parámetro ya que los cultivos predominantes en la zona de estudio soportan valores de conductividad eléctrica que van desde 2 dS/m hasta 1,0 dS/m y el valor de CE obtenido fue menor a 1dS/m.

#### f) Concentración de materia orgánica

La materia orgánica del suelo, definida por la totalidad de sustancias orgánicas presentes en el suelo, comprende típicamente del 0,1 al 10% de la masa de suelo, y hasta el 40 % en el caso de Hiptosoles. Los sólidos del suelo pueden estar presentes en suspensión, solución o ambos, se dividen en materia orgánica (sólidos totales volátiles) e inorgánica (sólidos totales fijos) [6]. Los sólidos totales disueltos (STD) se deben a materiales solubles, mientras que los sólidos en suspensión son partículas discretas que se pueden medir al filtrar una muestra a través de papel fino.

Con base en los datos obtenidos se conoce que en el punto 6 existe mayor concentración de materia orgánica a diferencia de los otros perfiles, que muestran un valor bajo en dicho parámetro, por tanto es un suelo pobre en nutrientes que requiere aplicación de fertilizantes nitrogenados los cuales permiten un correcto crecimiento de la planta, también, se puede añadir compost para alimentar al cultivo y ayudar a recuperar el porcentaje de materia orgánica perdido por el uso excesivo de dicho suelo en la agricultura, lo recomendable es realizar cultivos rotativos para evitar el empobrecimiento del mismo y utilizar fertilizantes naturales, ya que otros fertilizantes no biodegradables, considerados contaminantes llegan a las aguas por lixiviación, contaminando al igual que el suelo al cual fue aplicado dicho fertilizante. En la Tabla 2 se presenta el porcentaje de materia orgánica estimado en cada perfil.

TABLA 2. Porcentaje de materia orgánica para cada perfil

Punto	Perfiles		
	0-20	20-40	40-60
1	0,0023	0,0045	0,0020
2	0,0319	0,0245	0,0032
3	0,0200	0,0194	0,0110
4	0,0054	0,0085	0,0138
5	0,0093	0,0050	0,0060
6	0,7087	0,7426	0,8285
7	0,0100	0,0490	0,0080

El contenido porcentual total de materia orgánica en los primeros centímetros del suelo es alto y va decreciendo a medida que aumenta la profundidad, lo cual puede definirse

como una disminución regular del contenido de carbono orgánico [35].

A continuación se presenta los mapas de porosidad, conductividad eléctrica y materia orgánica, Figura 4, Figura 5 y Figura 6 respectivamente.

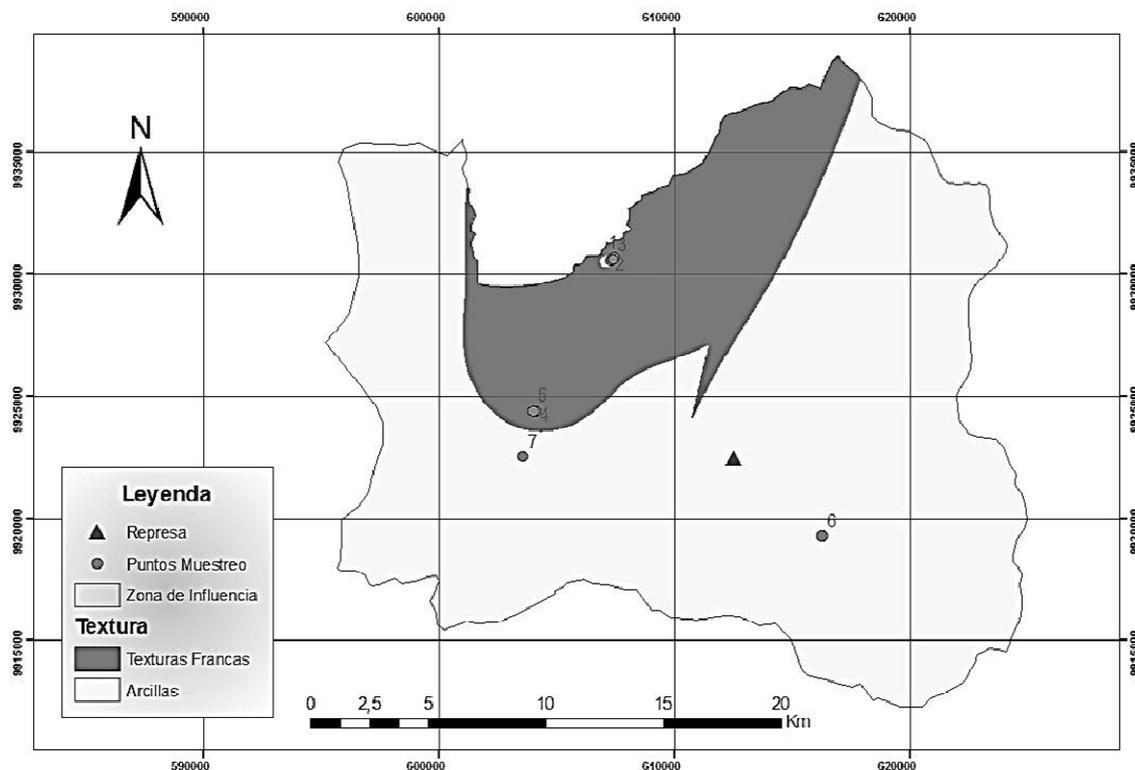


Figura 4: Mapa de Distribución Espacial de los valores de la porosidad

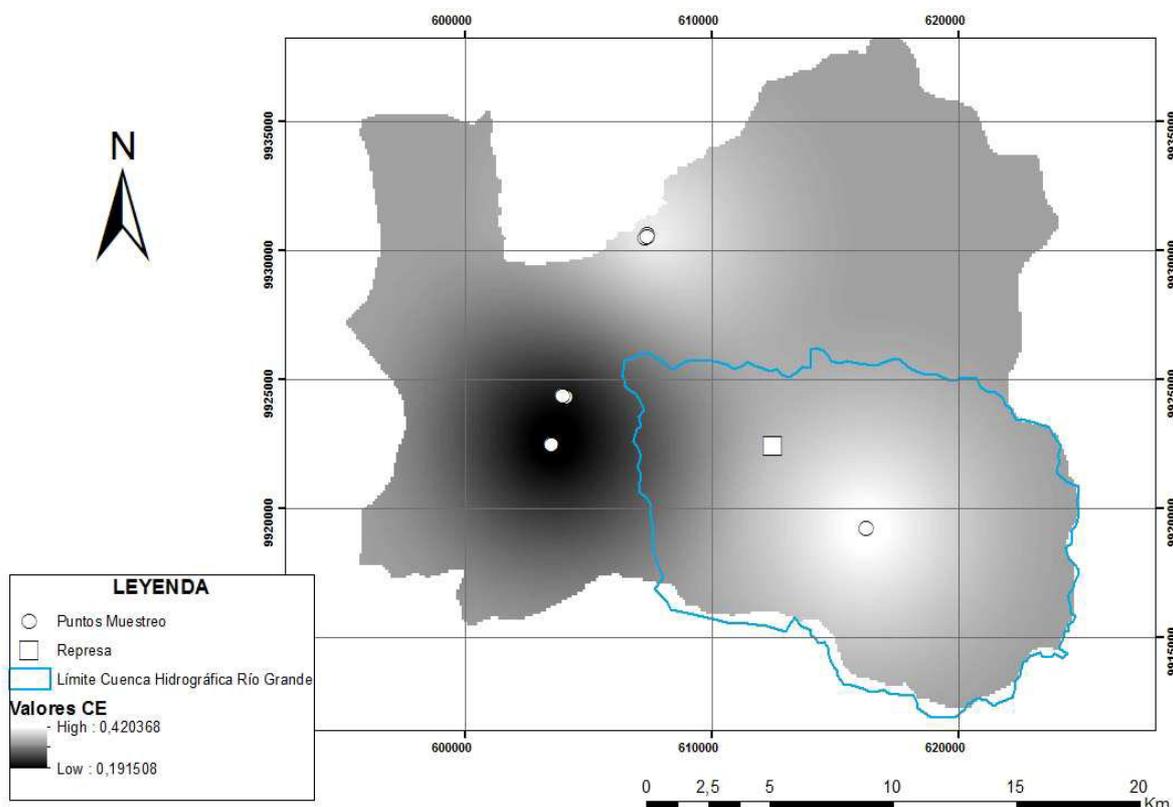


Figura 5 a: Mapa Conductividad Eléctrica 0 – 20 cm

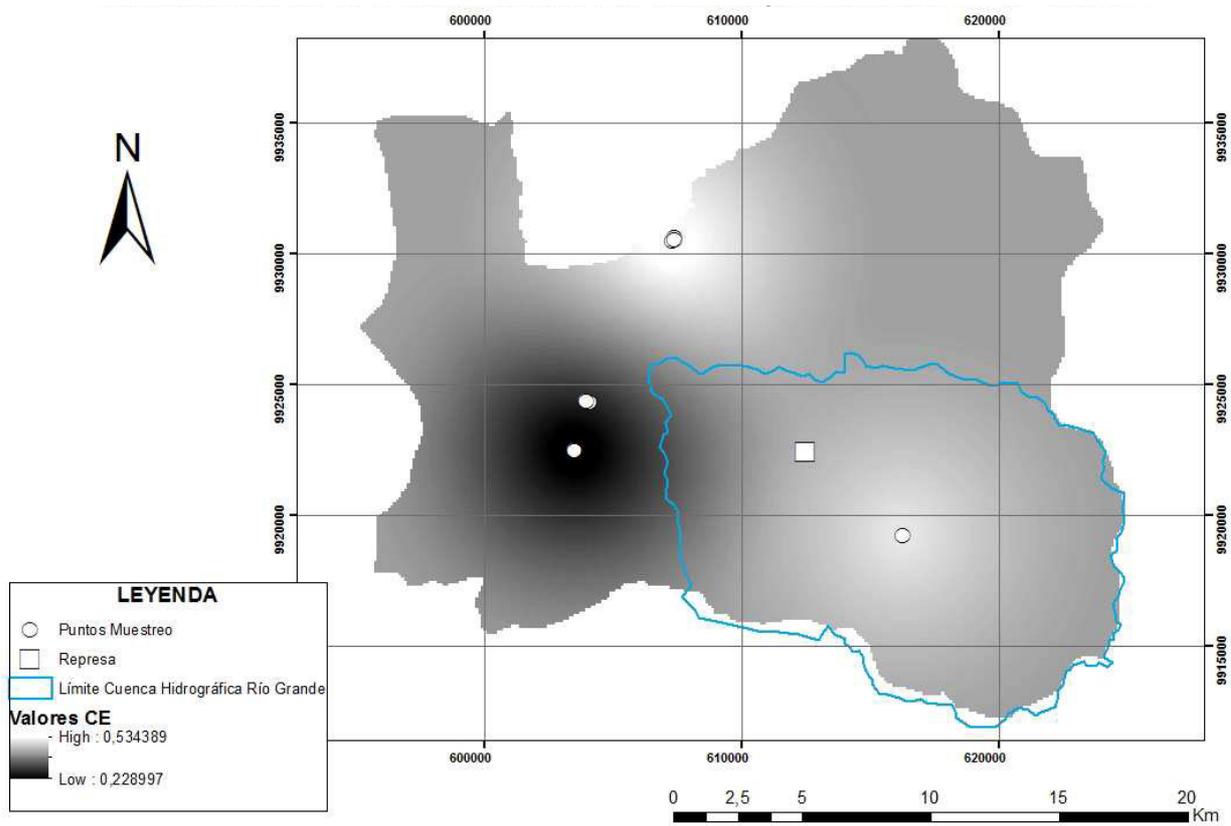


Figura 5 b: Mapa Conductividad Eléctrica 20 – 40 cm

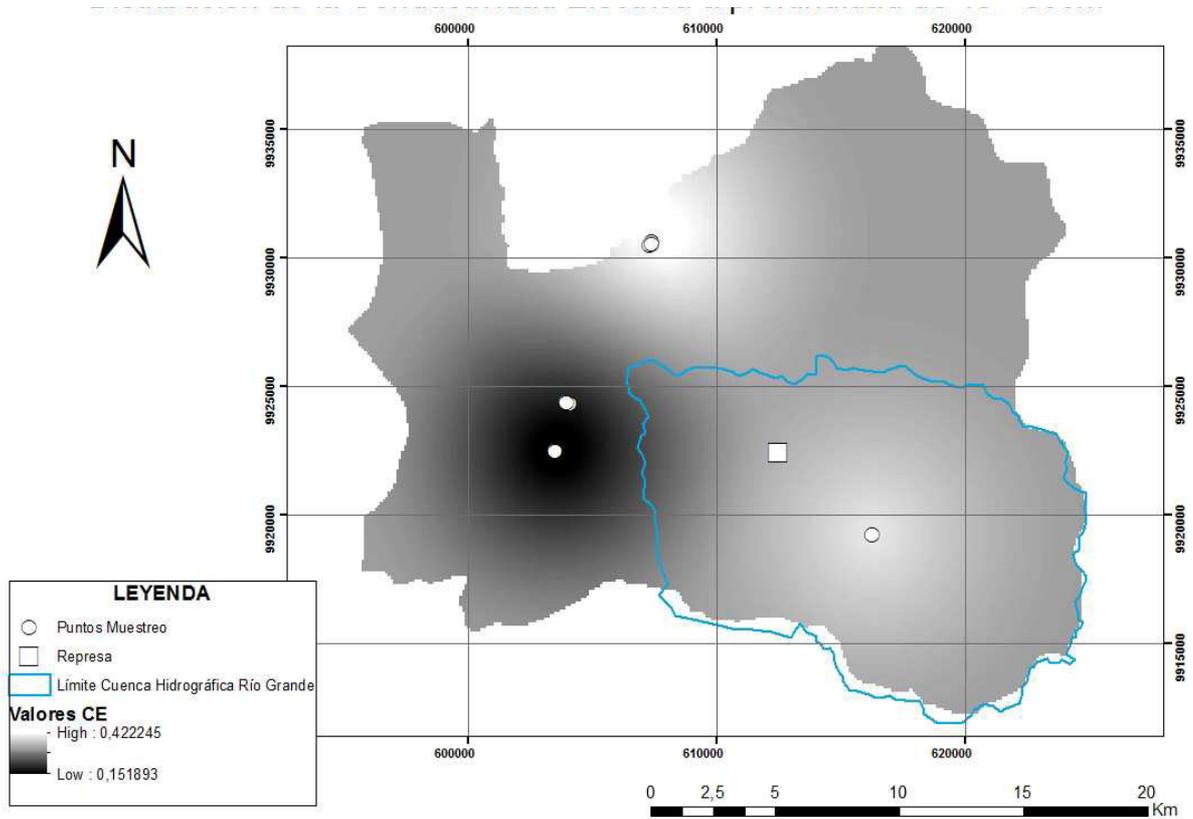


Figura 5 c: Mapa Conductividad Eléctrica 40 – 60 cm

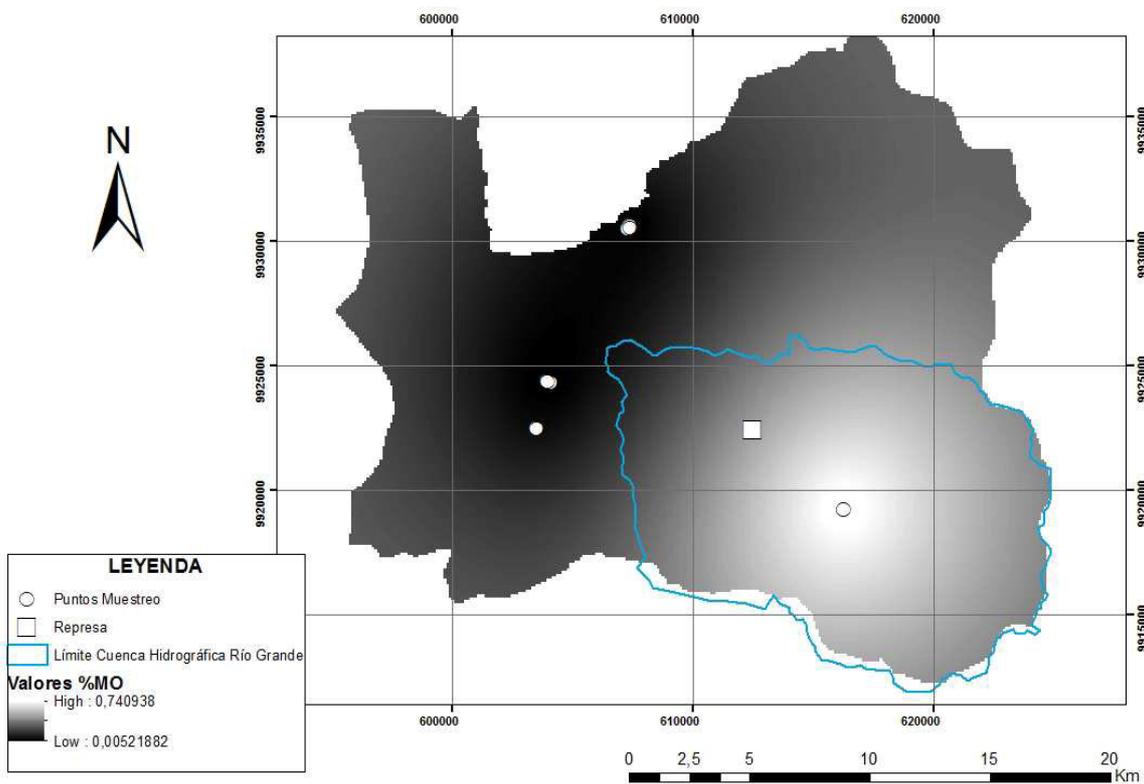


Figura 6 a: Mapa de Porcentaje de Materia Orgánica de 0 – 20 cm

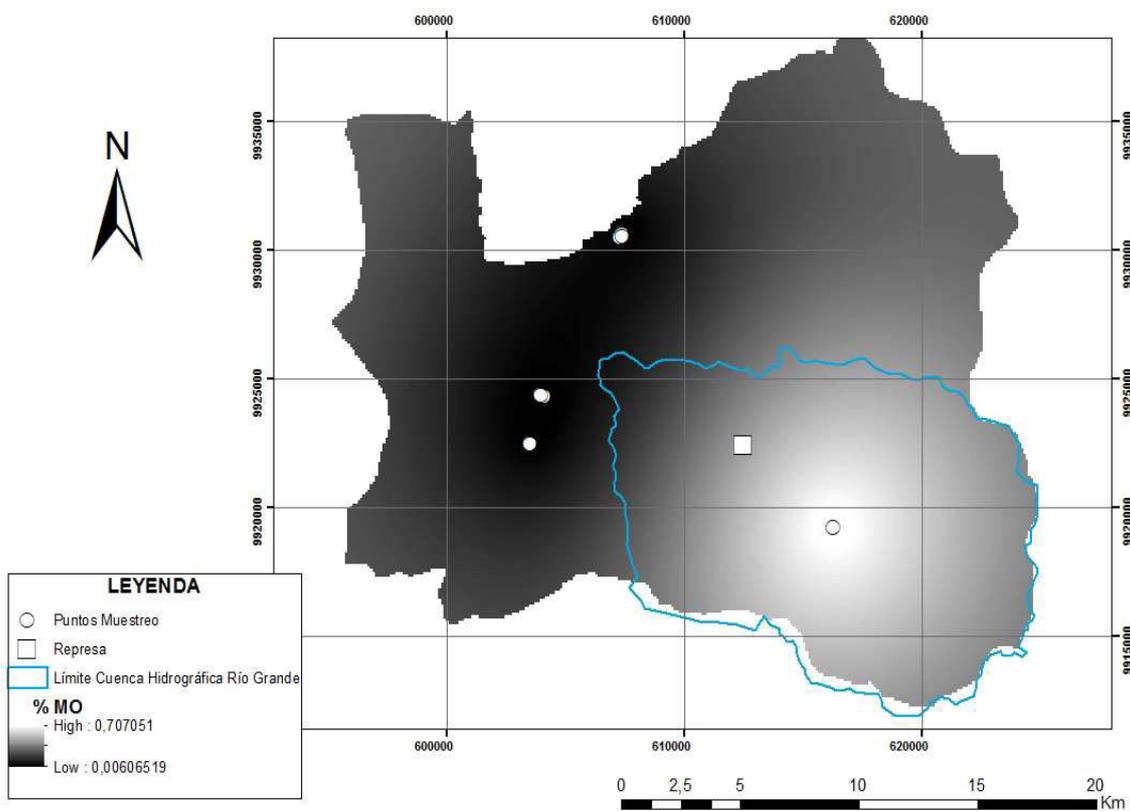


Figura 6 b: Mapa de Porcentaje de Materia Orgánica de 20 – 40 cm

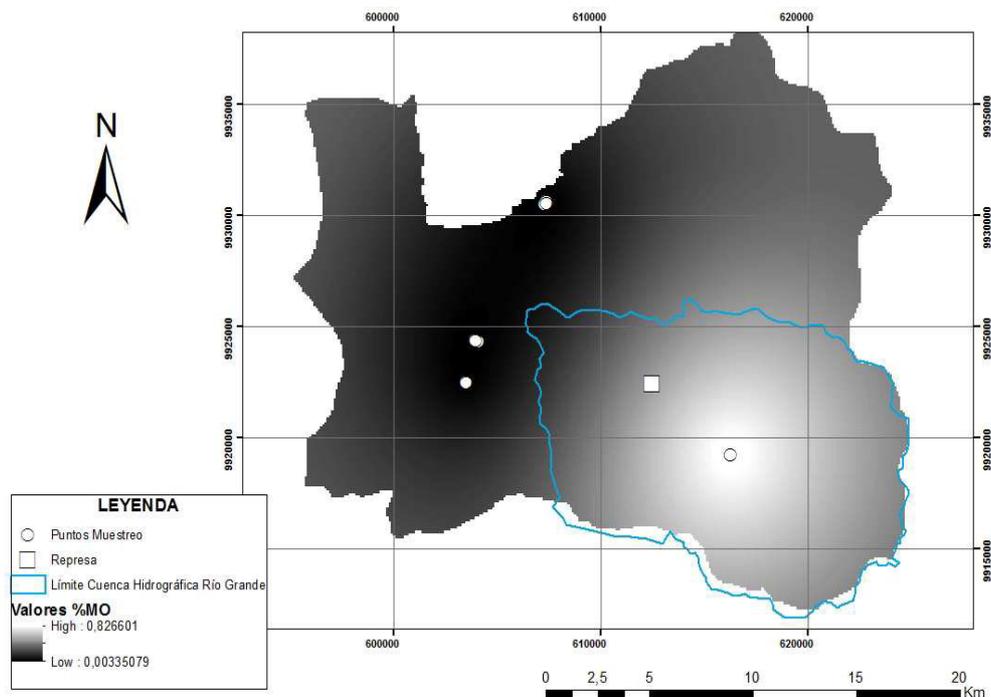


Figura 6 c: Mapa de Porcentaje de Materia Orgánica de 40 – 60 cm

#### IV. CONCLUSIONES

Los suelos de la zona de influencia en su mayoría corresponden a minerales de arcillas de acuerdo a los valores de las densidades tanto aparente como real, además presentan una textura franco arcillosa con respecto a su porosidad.

Los suelos analizados presentaron en promedio un pH de 6,79, es decir, son suelos de buena calidad agrícola y presentan baja movilidad de los elementos potencialmente tóxicos en el caso de una contingencia ambiental. El promedio de la CE fue de  $0,34 \text{ dS m}^{-1}$  lo que significa suelos de baja salinidad. La materia orgánica varió desde 0,0020% hasta 0,83%, en resumen, son suelos pobres. El promedio de la porosidad fue de 50,6%, en consecuencia, son suelos francos. Así, es necesario un plan de manejo y control continuo del recurso suelo para apoyar a los agricultores de la zona de riego del PPMCH

#### AGRADECIMIENTO

A la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE por financiar el proyecto de investigación "Salinidad en aguas y suelos del proyecto multipropósito Chone, Manabí, Ecuador", y a los alumnos de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente del semestre agosto 2013-diciembre 2013 que en la asignatura de contaminación de suelos realizaron las mediciones como prácticas de laboratorio.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] SENAGUA, 2014. Fecha de consulta: lunes, 06 enero de 2014. Disponible en: <http://www.senagua.gob.ec/?p=6945>.
- [2] SENAGUA. (2012). Construcción del Puente San Pablo en el canal San Antonio. Chone: Senagua.

- [3] INAMHI. (2008). ESTUDIO HIDROLÓGICO DE INUNDACIONES EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CHONE (SUBCUENCAS: GARRAPATA, MOSQUITO Y GRANDE). (pág. 62). Quito-Ecuador.
- [4] NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. p. 85
- [5] NOM-021-SEMARNAT-2000. (2005). Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudio, Muestreo y Análisis. México. p.14.
- [6] Carrera, D. (2011). Salinidad en suelos y aguas superficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala, San Luis Potosí. Tesis de Doctorado en Ciencias, Programa de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados, México. p. 334.
- [7] Aguilera C., M. y R. Martínez E. 1996. Relaciones aguas suelo planta atmósfera. Cuarta edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. p.256
- [8] Rivas, S. (2007). Contribución a la determinación de la fracción de metales traza ligados a las proteínas similares a las metalioneinas en muestras de mejillón. Compostela: Universidad de Compostel. p.65.
- [9] Losinno, B., Heredia, O., Sainato, C., Giuffre, L., y Galindo, G. (2002). Impacto potencial del riego con agua subterránea sobre los suelos en la cuenca del arroyo Pergamino, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Ecología Austr., (pág. 8). Cordova.
- [10] Peña Llopis, J. (2005). Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. Alicante: Club Universitario.
- [11] IICA/PROMECAFE. (1997). Memorias. San José, Costa Rica: Editorama.
- [12] VOLKE, T., VELASCO, J., & DE LA ROSA, D. (2005). Suelos Contaminados por Metales y Metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
- [13] Zamora, J., y Cristancho, F. (2008). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de <http://www.gfnun.unal.edu.co/prodGrupo/JCZamoraTG08.pdf>
- [14] Huez L., M. A. 1985. Caracterización de algunas propiedades físico-químicas de los suelos y espesores subyacentes del

- predio "Montecillos". Colegio de Postgraduados. Tesis de Maestría en Ciencias, especialista en Hidrociencias. P. 245.
- [15] FAO. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible, Manejo de la humedad del suelo. 2010. Recuperado 06/01/2014 de: [http://www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cd27-spanish/sm/soil\\_moisture.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sm/soil_moisture.pdf)
- [16] Richards (1959). Editor. Suelos salinos y sódicos. Personal del laboratorio de salinidad de los Estados Unidos de América. Manual de agricultura No. 60. p. 172.
- [17] Porta, J., López, M., & Poch, R. (2008). Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. p.145-150
- [18] Núñez, J. (1998). Fundamentos de Edafología. San José: EUNED.
- [19] Porta Casanellas, J., López Acevedo, M., Roquero de Laburu, C. (2003). Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. México: Mundi –Prensa, p. 959.
- [20] Cairo, P. (1995). La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico. Managua, Nicaragua: UNA. 228p.
- [21] Wasay S. A., Barrington S. F., Tokunaga S. 1998. Organic acids to remediate a clay loam polluted by heavy metals. Canadian Agricultural Engineering. Pag. 9-15.
- [22] Soto, S., Sancho, M., y Belmonte, J. (2004). Prácticas de diagnóstico y fertilidad de suelos. España: Universidad Politécnica de Valencia. p. 35 y 36
- [23] BRADY, N. C. (2010) "Elements of the Nature and Properties of Soils", Pearsons, 624 p.
- [24] Acevedo, E., & Martínez, E. (2003). Sistema de labranza y productividad de los suelos. Chile: Serie Ciencias Agronómicas N° 8.
- [25] Krull, E., y Baldock, J. (2004). *Functions of soil organic matter and the effect on soil properties*. USA: CSO 00029.
- [26] Pikul, J., y Allmaras, R. (1986). Physical and chemical properties of a Haploxeroll after fifty years of residues management. SOIL SCI.
- [27] MAGAP. (2005). Cartas Geológicas, consultado el 07-01-2014 de: <http://www.sni.gob.ec/web/guest/coberturas>.
- [28] Parra M. R. E. (2003). Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. Madrid: Mundi-Prensa. p.20
- [29] Fireman, M., y Wadleigh, C. H. (1951). Un estudio estadístico de la relación entre el pH y el porcentaje de Sodio intercambiable de Suelos del Oeste. Estados Unidos: Soil Sci. 71.
- [30] Hoffman, G. J., & Rawlins, S. L. (1970). Diseño y ejecución de cámaras climáticas soleadas. Trans. ASAE, 13: 656-660.
- [31] Romero, M. P., Santamería, D. M., y Zafra, C. A. (2009). Bioingeniería y suelo: abundancia microbiológica, pH y conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión. UMBRAL Científico, 9.
- [32] Rázuri, L., Linares, J., Romero, E., Galindo, A., y Hernández, J. (2005). Evolución de la Salinidad en un Suelo del Valle de Quibor. Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. pp.25
- [33] Soil Survey Staff. (1993). Soil survey manual. United State Department of Agriculture. Hnbk no. 18. U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC
- [34] Machado, G. (2002). Medida de la conductividad eléctrica del suelo por inducción electromagnética. Santiago de Compostela: Universidad Santiago de Compostela.
- [35] Fassbender, H. (1975). Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Segunda Edición. San José. Costa Rica. p. 50.