



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**CALIDAD DE SUELOS DEDICADOS A LA PRODUCCIÓN DE
ARROZ (*Oryza sativa* L.) BAJO INUNDACIÓN EN LA
PARROQUIA CANUTO, CHONE, MANABÍ**

AUTORES:

**HÉCTOR ANTONIO BOLAÑOS RODRÍGUEZ
GIPSON EDUARDO VARGAS ÁLAVA**

TUTOR:

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, MG.

CALCETA, ABRIL 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

Bolaños Rodríguez Héctor Antonio y Gipson Eduardo Vargas Álava, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí **descrito es de muestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún** grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

.....
Bolaños Rodríguez Héctor A.

.....
Gipson Eduardo Vargas Á.

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA. Mg, certifica haber tutelado el proyecto **CALIDAD DE SUELOS DEDICADOS A LA PRODUCCIÓN DE ARROZ (Oryza sativa L.) BAJO INUNDACIÓN EN LA PARROQUIA CANUTO, CHONE, MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **Bolaños Rodríguez Héctor Antonio** y **Gipson Eduardo Vargas Álava**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. GALO CEDEÑO GARCÍA. Mg

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **CALIDAD DE SUELOS DEDICADOS A LA PRODUCCIÓN DE ARROZ (Oryza sativa L.)BAJO INUNDACIÓN EN LA PARROQUIA CANUTO, CHONE, MANABÍ** que ha sido propuesta, desarrollado y sustentado por **Bolaños Rodríguez Héctor Antonio** y **Gipson Eduardo Vargas Álava**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Frowen Cedeño Sacón, M.Sc.
MIEMBRO

.....
Ing. Freddy Mecías Gallo, M.Sc.
MIEMBRO

.....
Ing. Gonzalo Constante Tubay, M.Sc.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Primordialmente a DIOS y mis padres, que con su sacrificio diario permitieron que podamos ir a la Universidad, conociendo el maravilloso mundo del conocimiento, y obtener una formación como futuros profesionales que el día de mañana esperamos retribuir con esfuerzo y trabajo.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A nuestro facilitador, profesor y gran persona Ing. Galo Cedeño, que nos enseñó que nos guio a lo largo de nuestro trabajo investigativo con gran paciencia y sentido común.

A todas las personas que influyeron directa e indirectamente en la realización de este trabajo, Muchas gracias.

.....
Bolaños Rodríguez Héctor A.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE, mi MADRE, mi segunda madre MI ABUELA, mi tercera madre y no menos importante, Mi Tía a mis hermanos y a todos mis tíos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Por último a mis compañeros de tesis porque en esta armonía grupal lo hemos logrado y a mi director de tesis quién nos ayudó en todo momento.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

A nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo, tanto sentimental, como económico. Pero, principalmente nuestros agradecimientos están dirigidos hacia la excelentísima autoridad de nuestro director y amigo.

.....
Gipson Eduardo Vargas Á.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primer lugar a mis Padres, a quienes les debe la vida y la gracia de hoy poder gozar del maravilloso mundo del aprendizaje y conocimiento. También han sido parte fundamental de mi desarrollo como persona útil en la sociedad, con valores bien formados y enfocados a servir al desarrollo del país.

A mis hermanos por permitirme desarrollar cualidades únicas como la amistad, la honestidad y la franqueza

A mis amigos, que a lo largo de la vida se han ido convirtiendo en hermanos, siendo parte fundamental de mi desarrollo como persona.

Por todas aquellas personas que no han tenido la oportunidad de acceder a una educación de calidad, trabajo remunerado acorde a las exigencias del mismo, y a una atención de salud digna de una persona.

Para ellos va dedicado este trabajo, sin antes mencionar una gran frase que ha marcado mi vida... "Sin sacrificio no hay victoria".

.....
Bolaños Rodríguez Héctor A.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

También dedico este proyecto a mi novia, Mi Naranjita, compañera inseparable de cada jornada. Ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

.....
Gipson Eduardo Vargas Á.

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS	xi
RESUMEN	xii
PALABRAS CLAVES	xii
ABSTRACT	xiii
KEY WORDS	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. HISTORIA	5
2.2. PRODUCCIÓN DE ARROZ	6
2.3. ZONAS PRODUCTORAS EN ECUADOR	7
2.4. CALIDAD DE SUELOS EN ARROZ	8
2.5. DEGRADACIÓN DEL SUELO POR CULTIVO DE ARROZ	9
2.6. FACTORES INCIDENTES EN LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS ARROCEROS	9
2.7. EROSIÓN	10
2.8. DEGRADACIÓN FÍSICA	11
2.9. DEGRADACIÓN QUÍMICA	11
2.10. DEGRADACIÓN BIOLÓGICA	12
2.11. REMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS	12
2.12. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS	13

2.13. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DE ROTACIÓN DE PADDY-UPLAND	14
2.14. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO DE ROTACIÓN DE PADDY-UPLAND	15
2.15. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO DE ROTACIÓN DE PADDY-UPLAND	15
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	16
3.1. UBICACIÓN	16
3.2. DURACIÓN	16
3.3. VARIABLES A EVALUAR	16
3.4. PROCEDIMIENTOS	16
3.5. TÉCNICA ESTADÍSTICA	17
3.6. MÉTODOS	17
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREOS DE LOS SUELOS ARROCEROS DE LA PARROQUIA CANUTO	20
4.2. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS Y CUANTIFICAR EL PORCENTAJE DE LOS SUELOS ARROCEROS DE LA PARROQUIA CANUTO	21
4.3. CATEGORIZAR LA CALIDAD DE LOS SUELOS ARROCEROS DE LA PARROQUIA CANUTO	39
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	48

CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS

CUADROS

Cuadro 1. Producción de arroz.....	6
Cuadro 2. Clasificación de la calidad de suelos arroceros.....	18
Cuadro 3. Categorización de los contenidos de MO.....	23

GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura1. Materia orgánica.....	21
Figura2. Textura.....	22
Figura3. Nitrógeno.....	23
Figura4. Fósforo.....	24
Figura5. Azufre.....	25
Figura6. Potasio.....	26
Figura7. Calcio.....	27
Figura8. Magnesio.....	28
Figura9. Relación de cationes.....	29
Figura10. Porcentaje de saturación.....	30
Figura11. Zinc.....	31
Figura12. Cobre.....	32
Figura13. Hierro.....	33
Figura14. Manganeseo.....	34
Figura15. Boro.....	35

TABLAS

Tabla 2. Capacidad de intercambio catiónico.....	37
Tabla 2. Ph.....	37
Tabla 2. Conductividad eléctrica.....	37
Tabla 3. Densidad aparente.....	38
Tabla 3. Densidad real.....	38
Tabla 3. Porosidad.....	38
Tabla 4. Características de suelos categorizados como suelos buenos..	39

RESUMEN

Actualmente, los suelos arroceros enfrentan un acelerado proceso de degradación antropogénica como consecuencia de una agricultura intensiva, que amenaza con disminuir su fertilidad y salud. En este sentido, es indispensable conocer la situación actual de los suelos dedicados al arroz bajo condiciones locales, con fines de identificar potenciales problemas y tomar acciones correctivas a tiempo. Por lo anterior, el objetivo principal de la investigación fue evaluar la calidad de suelos dedicados a la producción de arroz bajo inundación en la parroquia la Canuto, Manabí, Ecuador mediante indicadores de fertilidad. El trabajo se desarrolló durante la época seca del año 2018 en zonas arroceras de Canuto, para lo cual se seleccionó y georreferenció una muestra de 20 fincas arroceras, de donde se tomaron muestras representativas de suelo a 20 cm de profundidad que fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis físico y químico. Las variables químicas analizadas fueron concentraciones de macro y micronutrientes, materia orgánica (MO), pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y conductividad eléctrica (CE). Entre las variables físicas analizadas fueron textura, densidad aparente, densidad real y porcentaje de porosidad. Finalmente, con todas las variables químicas y físicas analizadas se categorizó la calidad del suelo en función de la base de datos de clasificación mundial armonizada del suelo (HWSD). Los resultados mostraron que los suelos de la parroquia Canuto muestran niveles adecuados de macro y micronutrientes para la producción de arroz, con excepción de MO, N y Zn y fueron deficientes en la mayoría de suelos evaluados. La relación de cationes, el porcentaje de saturación de bases y la CIC fueron adecuados para el cultivo de arroz. La CE evidenció que los suelos de Canuto no presentan problemas de salinidad. El pH fue ligeramente alcalino en todos los suelos evaluados, pero no representan mayor problema para la producción de arroz. La textura predominante en suelos arroceros de Canuto fueron los arcillosos y los niveles porosidad, densidad aparente y real mostraron condiciones ideales para el desarrollo radical del cultivo de arroz. De acuerdo clasificación mundial armonizada del suelo (HWSD) y en función de las variables físicas y químicas evaluadas, los suelos arroceros de Canuto se clasifican como suelos fértiles sin limitaciones para la producción de arroz bajo inundación.

PALABRAS CLAVES

Suelos, fertilidad, cultivo de arroz, productividad

ABSTRACT

Currently, rice soils face an accelerated process of anthropogenic degradation as a result of intensive agriculture, which threatens to decrease their fertility and health. In this sense, it is essential to know the current situation of the soils dedicated to rice under local conditions, in order to identify potential problems and take corrective actions in time. Therefore, the main objective of the research was to evaluate the quality of soils dedicated to the production of rice under flood in the parish of La Canuto, Manabí, Ecuador by means of fertility indicators. The work was developed during the dry season of 2018 in rice areas of Canuto, for which a sample of 20 rice farms was selected and georeferenced, from which representative samples of soil were taken at a depth of 20 cm, which were sent to the laboratory for its respective physical and chemical analysis. The chemical variables analyzed were concentrations of macro and micronutrients, organic matter (OM), pH, cation exchange capacity (CEC) and electrical conductivity (EC). Among the physical variables analyzed were texture, apparent density, real density and percentage of porosity. Finally, with all the chemical and physical variables analyzed, soil quality was categorized according to the Harmonized World Soil Classification (HWSD). The results showed that the soils of the Canuto parish show adequate levels of macro and micronutrients for the production of rice, with the exception of OM, N and Zn and were deficient in most of the soils evaluated. The ratio of cations, the percentage of saturation of bases and the CEC were adequate for rice cultivation. The EC showed that the soils of Canuto do not present problems of salinity. The pH was slightly alkaline in all the evaluated soils, but they do not represent a major problem for rice production. The predominant texture in rice paddy soils were clayey and the porosity, apparent density and real levels showed ideal conditions for the radical development of rice cultivation. According to the Harmonized World Soil Classification (HWSD) and according to the physical and chemical variables evaluated, Canuto rice soils are classified as fertile soils without limitations for the production of rice under flood.

KEY WORDS

Key words: Soils, fertility, rice cultivation, productivity.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suelo constituye uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, ya que es la base fundamental para la explotación agropecuaria y forestal. La producción de alimentos depende en un alto porcentaje del uso que se les dé el mismo, concurriendo que es un sistema estructurado, heterogéneo y discontinuo, fundamental e irremplazable, desarrollado a partir de una mezcla de materia orgánica, minerales y nutrientes capaces de sostener el crecimiento de los organismos y los microorganismos (García *et al.*, 2012).

En la calidad del suelo, este tiene como capacidad de un tipo de superficie específico para funcionar, dentro de los límites del ecosistema manejado de forma natural, para sustentar la productividad vegetal y animal, conservar o aumentar la calidad del agua y del aire, y proteger la salud humana y el asentamiento (Verhulst *et al.*, 2015).

A nivel mundial, un tercio del área total de arroz se cultiva en suelos muy pobres, que incluye 25,6 millones de hectáreas bajo riego, 18,5 millones de hectáreas en tierras bajas de secano y 7,5 millones de hectáreas de gramíneas de tierras altas. Se cultivan al menos 8,3 millones de hectáreas de la familia poáceas en los suelos problemáticos, que incluyen suelos salinos, alcalinos/sódicos, ácidos y orgánicos (Haefele *et al.*, 2014). Asia tiene el mayor porcentaje en suelos buenos (47%), mientras que la producción de grano en suelos buenos es mucho menos común en las Américas (28%) y representa solo el 18% en África.

Continuando con Haefele *et al.*, (2014) los problemas químicos del suelo más comunes en los arrozales son un estado nutricional inherente muy bajo (35,8 millones de ha), un pH muy bajo (27,1 millones de ha) y una alta fijación de P (8,1 millones de ha); los problemas físicos generalizados especialmente graves en los ambientes de secano son de terrenos muy poco profundos y poca capacidad de retención de agua.

En Ecuador los suelos actualmente están sometidos a procesos de degradación antropogénica (Suquilanda, 2008). La superficie de la cuenca del río Guayas que es una importante zona productora de arroz, la degradación edafológica está relacionada a la pérdida de nutrientes influenciadas por las crecidas de río Guayas y sus afluentes y la intensiva actividad agrícola que se desarrolla a lo largo de sus cuencas (Borbor *et al.*, 2006).

Por otra parte, algunas zonas arroceras, también presentan contaminación por presencia de metales pesados como el arsénico (Otero *et al.*, 2016). De acuerdo a investigaciones, los 70% de los productores de esta gramíneas en el Ecuador contienen bajos niveles de N, en Manabí este porcentaje asciende al 76%. Además, el 39% de suelos se dedicó a esta actividad productiva de tendencia ácida y el 12% alcalina (Mite, 2013).

Particularmente en la provincia de Manabí, en la parroquia Canuto del Catón Chone, recientemente se viene cultivando el arroz bajo el sistema de inundación, donde se aplican prácticas tradicionales en el laboreo del suelo, las cuales pueden estar afectando a la calidad del suelo. En este sentido, la evaluación de la calidad del suelo y la identificación de indicadores claves son importantes para mantener el funcionamiento normal del suelo y la productividad de los cultivos, en particular del arroz bajo el sistema de inundación, como son: Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible). Atenuar los contaminantes ambientales y los patógenos (calidad ambiental). Favorecer la salud de las plantas, los animales y los humanos. Los resultados que se obtengan en la presente propuesta de investigación, se pueden utilizar para centrarse mejor en la investigación relacionada a la generación de tecnologías para un manejo sostenible del suelo. Por lo descrito, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo la evaluación de los suelos dedicados a la producción de arroz bajo inundación contribuirá a un mejor manejo y conservación de la fertilidad en la parroquia Canuto?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Debido a la importancia que tiene recientemente el sistema de monocultivo de arroz – arroz bajo inundación se ha establecido en la parroquia Canuto del cantón Chone, desde el punto de vista productivo, económico, social nos precisa conocer las diferentes prácticas que están sometidos a otros labores mecanizantes como el arado y fangueo, fertilización nitrogenada para observar si son realizados o aplicados en forma irracional determinando si existe afectaciones en las propiedades físicas y químicas así como la fertilidad natural del suelo.

Además, en la necesidad de buscar nuevas tecnologías que permite que el cultivo cada vez sea más sano, con el manejo deficiente de la calidad del agua y las láminas que se aplican sin el conocimiento de las reacciones redox que esto implica, puede estar provocando cambios significativos en la química y medicina de los suelos que pueden llevar a su degradación.

En la zona arrocera de la parroquia Canuto se desconoce la calidad del suelo para el cultivo de arroz, por lo que es de crucial importancia hacer un diagnóstico de variables físicas y químicas implicadas en la calidad y fertilidad del mismo, para centrarse en un manejo sostenible del suelo productor.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad de suelos dedicados a la producción de arroz bajo inundación en la parroquia la Canuto, Manabí, Ecuador mediante indicadores de fertilidad.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Georreferenciar puntos de muestreos para el diagnóstico de la calidad de los suelos arroceros de la parroquia Canuto
- Analizar variables físicas y químicas de suelos dedicados a la producción de arroz en la parroquia Canuto
- Categorizar la calidad de los suelos arroceros de la parroquia Canuto de acuerdo a modificadores de las variables físicas y químicas analizadas
- Cuantificar el porcentaje de suelos arroceros de la parroquia Canuto con potencial de fertilidad de acuerdo a categorías de calidad

1.4. HIPÓTESIS

- Los suelos arroceros de la parroquia Canuto del cantón Chone presentan buena calidad para la producción de arroz.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA

El cultivo del arroz toma como inicio, hace más de 6500 años, desarrollándose paralelamente en varios países los cuales, los primeros cultivos aparecieron en la China 5000 años antes de nuestra era, así como en Tailandia hacia 4500 años antes de J.C., para aparecer luego en Camboya, Vietnam y al sur de la India (Rodríguez, 2012).

Sin embargo, desde principios de la década de 1990 ocurre un fuerte crecimiento económico en muchos países asiáticos, particularmente en China e India, donde se detuvo la tendencia al alza en el consumo mundial de arroz que los posicionan como los consumidores de su dieta desde el arroz. (Mohanty, 2013).

Además, el mismo autor menciona que, la Organización Nacional de la India de encuesta con datos recopilados mostrando que los gastos de consumo de los hogares confirmaban el aplanamiento en el consumo de capital en los últimos años de la tendencia desde los años 90 en las cuatro regiones en India. En otros países, el consumo de capital siguió en aumento a través de grupos de ingresos en ambos y áreas rurales como Bangladesh y Filipinas. Confirmando la tendencia por parte del Representante nacional Encuesta de consumo familiar datos que fueron recopilados entre 2000 y 2010 de ambas Filipinas (Familia Encuesta de ingresos y gastos) y Bangladesh (Ingresos del hogar y la Encuesta de Gastos).

Según (Calero y Zambrano 2015) en el Ecuador, el cultivo del arroz domina más de la tercera parte de superficie cultivable y su comercialización ha venido creciendo visiblemente a través del tiempo. A pesar de que sin duda, la producción del arroz formaba parte de una estrategia de cultivo compleja y múltiple de montubios, campesinos y comunidades indígenas de las provincias costeñas, esta se desarrolló, principalmente en las orillas de los ríos de la red fluvial que conforman la cuenca del Guayas, siendo ésta limitada.

Además, indica que, a medida que se fue generalizando el cultivo del arroz lo cual dio pasó a aumentar su producción, el consumo de la gramínea y, por consiguiente, el mercado interno. Creciendo en una velocidad mayor, a tal punto que para finales de siglo el Ecuador se había convertido en un neto importador de grano, el cual apporto en unos de los principales artículos extranjeros de consumo interno, juntamente con la harina de trigo y la manteca.

A finales del siglo XIX se puso en evidencia las posibilidades de elevar la producción interna del arroz en el Ecuador, debido al incremento de las importaciones de arroz provenientes del Perú y del Asia “vía Panamá”, pero, al mismo tiempo, evidenció las dificultades que existían para hacer esta idea realidad (Calero y Zambrano 2015)

2.2. PRODUCCIÓN DE ARROZ

Según Rodríguez (2012) indica detalla mente mediante un cuadro donde toma en cuenta a los principales países productores, en base a la Producción mundial de arroz en el año 2008.

Posición	Región	Producción (1000\$ Int)	Producción (T)
1	China	36561286	193354180
2	India	30246312	148770000
3	Indonesia	12440012	60251100
4	Bangladesh	9868753	46742000
5	Vietnam	7918880	38725100
6	Tailandia	6059404	31650600
7	Myanmar	5612813	32573000
8	Filipinas	3382928	16815500
9	Brasil	2522762	12061500
10	Japón	2337305	11028800
11	Pakistán	2162313	10428000
12	EEUU	1930780	9241170
13	Egipto	1476323	7253370
14	República de Corea	1464007	6919250
15	Camboya	1463123	7175470
16	Nigeria	964799	4179000
17	Nepal	850799	4299260
18	Sri Lanka	802185	3875000
19	Madagascar	592679	3914200
20	Perú	584882	2775800

Además, indica que debido a que el cultivo de arroz permanece a una especie mucho más productiva que otros cereales y permitiendo al mismo tiempo realizar varias cosechas cada temporada, se posicionara en el éxito como ser la primera planta alimenticia de Asia, haciendo que las culturas orientales escogieran al arroz por encima de trigo, la cebada y otros cultivos de cereales que pedirán a ver sido explotadas en sus tiempos y en la actualidad.

De la producción total de toneladas de arroz en el mundo, China representa aproximadamente el 30% seguido de la India con una participación en la producción de un 22.82%, Indonesia consecuentemente cubre una parte importante de la producción mundial con un 9.24% (Rodríguez, 2012).

Además, Rodríguez (2012) indica que, Brasil es el principal productor del continente americano contando con una participación del 1.85% de las toneladas totales de arroz, posicionándolo así el noveno puesto de la producción mundial, continuado de los Estados Unidos ocupando el 12avo puesto con un porcentaje de 1.42%. Dos factores explican en este caso el desarrollo del cultivo del arroz, los cual uno es el de los nuevos hábitos de alimentación en los países industrializados y el segundo, que es la emergencia de nuevos nichos de comercialización en los países en desarrollo.

2.3. ZONAS PRODUCTORAS EN ECUADOR

Según Hormaza (2011) en el país la mayor superficie sembrada de arroz se encuentra en la Costa, igualmente descubrieron cultivos de esta especie en las estribaciones andinas y en la Amazonía, aunque en cantidades poco significantes. En las provincias de Ecuador tales como en el Guayas y Los Ríos, representan el 83% de la superficie sembrada de la gramínea en el Ecuador. Otras de gran importancia en el cultivo son las provincias de Manabí con 11%, Esmeraldas, Loja y Bolívar con 1% cada una; mientras que el restante que es el 3% se distribuye en otras provincias.

Además, indica que, en cuanto a la producción, de forma proporcionada, Guayas y Los Ríos tienen el 47% y 40% respectivamente. Manabí el 8% y las

restantes provincias productoras constituyen producciones menores por lo que tomando en cuenta, su rendimiento también es más bajo que las principales zonas productoras.

2.4. CALIDAD DE SUELOS EN ARROZ

Según Muñoz y Martínez (2015) indica que, la especie *Oryza sativa L.*, es una de las gramíneas de mayor notabilidad por lo que llega a posicionarlo en el principal alimento a nivel mundial. Sumado esto, es evidente que en la producción de arroz es necesario la utilización de nuevas tecnologías que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cuales son factores importantes en el crecimiento de las plantas, dando como resultado a la vez como una notable degradación del agroecosistema de lo cual podría llegar a terminar esto en suelos improductivos si no se los corrige a tiempo. Es decir que en otras palabras, resulta más cierto que las diversas actividades humanas realizadas en la producción generan un índice alto de pérdida del suelo que supera exponencialmente el de su formación, donde desestabiliza peligrosamente, el equilibrio natural.

La preparación del suelo siendo una de las actividades más importantes para la implantar la siembra de arroz, ya que de esta depende el buen establecimiento de las plantas, así como la mayor o menor dificultad que pueden presentar las actividades culturales, tales como el manejo del agua y control de plantas indeseables, las cuales deben guardar armonía con los factores climáticos, los requerimientos edafológicos del cultivo y las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos (Ruiz *et al.*, 2005).

La explotación intensiva del suelo empeora sus propiedades, por lo que en este cultivo las labores al suelo ya nombradas son constante, donde limitan el funcionamiento del sistema planta, agua, suelo, atmosfera. Actividades como la irrigación, la fertilización, la mecanización agrícola y otras desequilibradas en el cultivo de arroz, generan compactación del suelo, erosión y malos drenajes. Existen estudios en Colombia, cuyas palabras provienen de otras investigaciones, que demuestran disminución de la porosidad en cultivos de arroz por las diferentes labores del cultivo donde por lo cual se propone un manejo integrado del cultivo desde la siembra hasta que se realiza la cosecha,

que vaya enfocado al manejo sostenible y sustentable (Muñoz y Martínez, 2015).

2.5. DEGRADACIÓN DEL SUELO POR CULTIVO DE ARROZ

Siendo el suelo un elemento de relación entre factores bióticos y abióticos, considerándose como un hábitat para el desarrollo vigoroso de las plantas. Por cuyas razones se toma en cuenta que el tránsito de maquinaria agrícola compacta el suelo y lo degrada en el cultivo de arroz, afectando la sostenibilidad y productividad del suelo y el cultivo por la pérdida de agua y aire, disminuyendo el desarrollo radical, como resultado se da a notar que la utilización de tecnologías muy intensivas son las que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas, factores importantes en el crecimiento de las plantas, convirtiéndose en un problema difícil de reparar (Muños, 2016).

Finalmente manifiesta que es de mucha importancia la preparación de suelos en los cultivos de arroz ya que de este depende todo el cultivo, es decir, el establecimiento de las plantas y todo el manejo cultural. Es por eso que asumiendo que en este cultivo las labores son constantes como la explotación intensiva dando como resultado final una declinación de sus propiedades que limitan el funcionamiento de la relación de sistema planta, agua, suelo, atmosfera. Por lo anterior planteado, explican que la irrigación, la fertilización, la mecanización agrícola y otras actividades desequilibradas en el cultivo de arroz, generan compactación del suelo, erosión y malos drenajes.

2.6. FACTORES INCIDENTES EN LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS ARROCEROS

La degradación del suelo es un proceso antropogénico donde viene afectando la física, la biología y la química del suelo, generada por el mal uso de estos afectando sus contenidos de nutrientes, materia orgánica y destruyendo a su vez su estructura. Causando, además, su erosión, salinización y compactación, como también el desequilibrio químico por uso excesivo e inadecuado de fertilizantes (Muñoz y Martínez, 2015).

Según R.A.A (2008) los procesos tales como la erosión hídrica o eólica, la salinización, el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes, el deterioro de la estructura, la desertificación y la contaminación, se ven producido por la degradación del suelo, la pérdida parcial o total de la productividad del mismo, cuantitativa o cualitativamente, o en ambas formas que se den los acontecimientos nombrados.

Para la agricultura, la degradación repercute directamente, al disminuir los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos, en la producción de arroz, es evidente la utilización de tecnológicas muy intensivas que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas, factores importantes en el crecimiento de las plantas (Muñoz, 2016).

En la degradación de los suelos se reconocen dos categorías, teniendo como en el primer grupo, el cual está relacionado con el movimiento o desplazamiento del material, y el segundo donde incluye el deterioro del suelo *in situ*. Este último puede ser imparcialmente un proceso de degradación química o física, donde la degradación química no es más que las fluctuaciones cíclicas de las condiciones de un sistema agrícola relativamente estable, donde el suelo es activamente manejado para obtener su productividad; no se refiere tampoco a los cambios graduales en la composición química como resultado del proceso de formación, sino que la distingue como la pérdida de nutrientes y/o materia orgánica, salinización, acidificación, y polución, llamándola en resumen como contaminación (Ruiz *et al.*, 2005).

La erosión, degradación física, degradación biológica, degradación química, son procesos que llevan al suelo a disminuir su capacidad productiva inicial se conocen como “Procesos de degradación” (UNICEN, 2015).

2.7. EROSIÓN

En la Erosión, cuando ocurre cuyo proceso se produce pérdida de suelo, y ésta puede ser mínimamente imperceptible o bien de gran envergadura cada vez que ocurre. El agua puede ser agente del clima que “mueve” al suelo desde su lugar original y en este caso se refiere al proceso de “erosión hídrica” y si es

por el viento y entonces se refiere a “erosión eólica”. La erosión es uno de los procesos más frecuentes en Argentina y el de mayor relevancia debido a que el tiempo que se necesita para volver a generar unos pocos centímetros de suelo es relativamente de largos periodos. (UNICEN, 2015).

2.8. DEGRADACIÓN FÍSICA

La degradación física se da a consecuencia por pérdida de estructura, aumento de la densidad aparente, disminución de la permeabilidad, disminución de la capacidad de retención de agua, que como resultado se tiene el deterioro del suelo a efectos de las ya nombradas (Suquilanda, 2008).

Los procesos físicos vienen siendo erosiones ya sean hídricas y/o eólicas, deterioro de la estructuras, compactación y piso de arado ya que este con su efecto de labranzas repetidas con arado, la cual va causando el arrastre de materiales finos del suelo a una profundidad próxima a los 30 cm de profundidad, creando una capa densa, muy dura, poco penetrable por el agua y por el sistema radicular. La degradación se recalca cuando en suelos degradados se pasa del sistema de labranza convencional al de siembra directa (Ruiz, *et al.* 2005).

2.9. DEGRADACIÓN QUÍMICA

La degradación química puede decirse que es a causas por varias causas como la pérdida de nutrientes, acidificación, salinización, aumento de toxicidad por liberación o concentración de determinados elementos químicos (Suquilanda, 2015)

Según Estela, *et al.*, (2008) en la degradación química se presenta pérdida de fertilidad y de materia orgánica, salinización y alcalinización. La salinización natural del suelo se encuentra pegada a condiciones climáticas de aridez y a la presencia de materiales originales ricos en sales donde cierto grado es aceptable para la planta que favorece la aglutinación de las partículas del

suelo, convirtiéndose a su vez más permeable, favoreciendo al crecimiento radicular y la aireación.

Por otra parte cuando se aplican cantidades excesivas de fertilizantes o se riega con agua rica en sales es donde el suelo se degrada más frecuentemente por sales. Estela, *et al.*, (2008). De acuerdo a investigación un suelo sódico favorece la dispersión de las partículas del suelo, especialmente las arcillas, por la acción de los iones del sodio, donde destruye la estructura de este. En lo que respecta a los suelos sódicos tienden a hincharse cuando se mojan, luego se endurecen y cuartejan cuando están secos, desarrollando una costra dura, seca, cuarteada y agrietada en su superficie.

2.10. DEGRADACIÓN BIOLÓGICA

Una disminución de la materia orgánica y pérdida de la actividad microbiana es la principal evidencia de que hay presente una degradación biológica (Suquilanda, 2008).

Según Uribe (2012) el suelo es un hábitat lleno de diversidad biológica formada por grupos microbianos que lo habitan tales como hongos, actinomicetos, bacterias, protozoos, etc., que mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica los procesos de sinergia donde permiten un balance entre poblaciones dañinas y benéficas, reduciendo ataques de plagas y enfermedades. Cuando se hacen quemas, se usan cubiertas plásticas o se desinfecta el suelo con agroquímicos provocando que estos organismos biológicos mueran, es donde efectivamente está ocurriendo una degradación.

2.11. REMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS

Las tecnologías de remediación representan una alternativa oportuna en tierra o superficies donde desechos peligrosos no han sido tratados. A más de lo nombrado, sus capacidades o posibilidades de éxito de esta tecnología, bajo las condiciones específicas de un sitio, pueden variar ampliamente, lo que se trata en lo que es la relación entre el porcentaje de hidrocarburo degradado y el

nivel de contaminación, en los suelos tratados con bioestimulante (Proaño y Rivas, 2010).

Según Martínez *et al.*, (2011) indica que, existen numerosas tecnologías de remediación de suelos contaminados que se pueden agrupar en 3 tipos:

- a) Biológicos, donde se puede dar cita a la biorremediación, bioestimulación, fitorremediación, biolabranza, y entre otros, en donde las actividades metabólicas de ciertos organismos dan paso a la degradación o la transformación de los contaminantes a productos metabólicos inocuos.
- b) Fisicoquímicos, como es el electrorremediación, lavado, solidificación/estabilización, y otros, donde se toma ventaja de las propiedades físicas y químicas de los contaminantes para luego ser destruida, separada o contener la contaminación.
- c) Térmicos, tales cuales como son la incineración, vitrificación, desorción térmica, etc., en los cuales se maneja la temperatura alta para causar la volatilización, descomponer o inmovilizar los contaminantes en un suelo.

2.12. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS

El manejo de los suelos en la agricultura sostenible, constituye una de las prácticas agronómicas más importantes, ya que la degradación de los suelos dedicados al cultivo del arroz es responsabilidad fundamental del mal manejo, por lo que se hace imprescindible la aplicación de mejoradores orgánico-minerales o mejoradores orgánicos de alta capacidad de intercambio catiónico (Ruiz *et al.*, 2005).

De acuerdo con Ruiz *et al.*, (2005) durante los últimos 50 años, los suelos han sido manejados a través del paradigma de “mejoramiento ambiental”, donde los problemas físicos y químicos han sido resueltos por prácticas de labranza mecanizada y con aplicación de fertilizantes minerales, por lo que la intervención humana presente y pasada en la utilización y manipulación de los

recursos naturales ha tenido consecuencias inesperadas: los suelos se han vuelto estériles o contaminados con material tóxico.

Zamorano (2014) menciona que la conservación de suelos es un sistema que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas, de fertilidad y agroforestales las cuales indican las siguientes formas de controlarla erosión, aprovechar el agua y mejorar la fertilidad de los suelos.

- **CONTROLAR LA EROSIÓN:** Evitando que la corriente arrastre el suelo la pérdida de la capa productiva del suelo y la formación de cárcavas son el resultado de la cantidad de suelo fértil que se pierde en cada temporada lluviosa y que la corriente se lleva al río u otros depósitos, que vienen siendo muy elevadas, esta pérdida erosiva da como resultado, las prácticas de conservación de suelos están orientadas a frenar la velocidad del paso de agua por sobre el suelo que en otras palabras se le asigna como escorrentía.
- **APROVECHAR MEJOR EL AGUA:** Aumentado la infiltración del agua en el suelo. Fuera del suelo se pierde toda el agua de la escorrentía que no logra infiltrarse, esta agua no puede ser aprovechada por los cultivos, las obras de manejo de suelo y agua permiten el almacenamiento y/o el aprovechamiento del recurso hídrico, dando un uso sostenible al suelo.
- **MEJORAR LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS Y PREVENIR CON MÁS EFICIENCIA LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES:** La conservación de suelos, además de contemplar la construcción de obras físicas para el manejo del mismo, consiste también en la aplicación de medidas que ayuden a mejorar la fertilidad del suelo con el propósito de evitar las pérdidas de suelo por erosión y mejorar el rendimiento de los cultivos

2.13. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DE ROTACIÓN DE PADDY-UPLAND

Se han encontrado muchos beneficios en el arroz cultivado bajo condiciones de paddy, donde indica que los cultivos de arroz y tierras altas se cultivan anualmente en secuencia de influenciarse mutuamente; sin embargo, la

condición de los suelos requeridos por el crecimiento del arroz difiere de los requeridos por los cultivos de secano. El suelo es encharcado antes de trasplantar el arroz y se mantiene inundado para establecer condiciones anaeróbicas para el crecimiento del arroz. Por el contrario, las tierras altas los cultivos se cultivan en suelo con un buen drenado bajo laboreo y aeróbico condiciones (Zhou, *et al.*, 2014).

2.14. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO DE ROTACIÓN DE PADDY-UPLAND

Para sostener y mejorar productividad agrícola a largo plazo, es decir, rendimiento de los cultivos, la fertilidad del suelo debe mantenerse en comparación del suelo bajo vegetación natural. La capa vegetal cultivada ha revelado que la agricultura prolongada en el uso de la tierra altera la magnitud, la diversidad y la variabilidad espacial de una serie de propiedades del suelo, principalmente las relacionadas con fertilidad (Zhou, *et al.*, 2014).

2.15. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO DE ROTACIÓN DE PADDY-UPLAND

En el mantenimiento de la fertilidad del suelo y rendimiento de la planta, los microorganismos en el suelo juegan un papel muy importante, ya que son involucrados en diversos productos bioquímicos donde son vitales para el cultivar. La diversidad de microorganismos de la rizosfera es relativamente beneficioso para la salud del suelo y las interacciones tróficas dentro la rizosfera afectan la comunidad de plantas sobre el suelo. Diferentes plantas tienen diferentes comunidades microbianas del suelo, y la rotación de cultivos proporciona una mayor concentración y la diversidad de materiales orgánicos, los cuales pueden conducir a mayor diversidad de comunidades microbianas (Zhou, *et al.*, 2014).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se desarrolló en la parroquia Canuto, del cantón Chone en la provincia de Manabí, en donde se ubicaron veinte diferentes fincas productoras de arroz para realizar el trabajo de campo.

3.2. DURACIÓN

El presente trabajo tuvo una duración de 8 meses, desde abril a noviembre del 2018.

3.3. VARIABLES A EVALUAR

Las variables que fueron analizadas en el laboratorio son las siguientes:

FÍSICAS

- Densidad aparente
- Densidad real
- Textura
- Porosidad

QUÍMICAS

- Macro y micronutrientes
- Relación de cationes
- Materia orgánica (M.O)
- pH
- Conductividad eléctrica (C.E)
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

3.4. PROCEDIMIENTOS

Esta actividad se la realizo con la ayuda del GPS Garmin 64s y paquetes informáticos que permitan desarrollar un mapa de la zona de muestreo. Las zonas de estudio comprendieron 20 fincas arroceras bajo inundación, donde se

realizaron muestreos y colectas de suelos por cada finca. En cada finca se colectaron 10 sub muestras de suelos al azar en forma de zig-zag dentro de la capa de 0-20 cm; luego las sub muestras son mezcladas homogéneamente para coleccionar una muestra compuesta por 1 kg de suelo, que es etiquetada y enviada al laboratorio.

3.5. TÉCNICA ESTADÍSTICA

El diseño de investigación utilizado será el exploratorio, donde la información será generada a través del muestreo de suelos. Los datos generados serán analizados de forma descriptiva, donde se utilizarán técnicas estadísticas de tendencia central y de dispersión, tales como medias, varianza y desviación estándar. Además, para la presentación de resultados se utilizarán gráficos de barras.

3.6. MÉTODOS

3.6.1 METODOLOGÍA PARA LA CATEGORIZACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS ARROCEROS

Los suelos fueron catalogados de acuerdo a la clasificación de calidad propuesta por Haefele *et al.*, (2014). Según estos autores los suelos arroceros se clasificaron en cuatro categorías que son: **Suelos fértiles**, **suelos pobres**, **suelos muy pobres** y **suelos problemáticos**. Para este diagnóstico se utilizó la metodología propuesta por Haefele *et al.*, (2014) que integra la base de datos de clasificación mundial armonizada del suelo o HWSD por sus siglas en inglés (FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC, 2012) que fue adaptado del sistema de clasificación de suelos con capacidad de fertilidad (FCC) y la descripción de modificadores según Sánchez y Buol (1985) y Sánchez *et al.* (2003), que se describe en el **cuadro 1**.

3.6.2. METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS PRINCIPALES PRÁCTICAS E INSUMOS UTILIZADOS PARA LA PREPARACIÓN DEL SUELO, FERTILIZACIÓN Y MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

Cuadro 1. Clasificación de la calidad de suelos arroceros según Haefele *et al.* (2014).

Propiedad o condición del suelo	Modificador FCC	Definición de la clasificación de la capacidad de fertilidad (FCC)	Características usadas de la clasificación mundial armonizada del suelo HSWD
Suelos problemáticos			
Salino	S	CE > 0.4 S m ⁻¹ o grupos de suelos Solonchak, salid and salic	CE > 0.2 S m ⁻¹ en la capa superficial del suelo; o CE > 0.4 S m ⁻¹ en el subsuelo
Sulfoácidos	C	pH < 3.5 después del secado o suelos de los grupos sulfaquents, sulfaqepts, sulfudepts	Presencia de un horizonte tiónico
Orgánico	O	Carbono orgánico (OC) > 12% o suelos de los grupos histosoles o hísticos	Capa superficial del suelo o subsuelo con carbono orgánico (OC) > 12%
Alcalino o sódico	N	Porcentaje de sodio intercambiable (ESP) > 15%	Capa superficial del suelo o subsuelo con porcentaje de sodio intercambiable (ESP) > 15%; o pH > 8.5; o CaCO ₃ > 40%. Suelos no tiónicos
Suelos muy pobres			
Reservas bajas de nutrientes	K	< 10% minerales resistentes a la intemperie o potasio intercambiable -0.2 cmol kg ⁻¹	Superficie del suelo con < 20% de saturación de bases, o CIC < 20 cmol kg ⁻¹ de arcilla
Toxicidad de Al para cultivos más comunes o pH muy bajo	A	> 60% de saturación de Al en la capa arable o < 33% de saturación de bases o pH < 5.5 excepto en histosoles, cambisoles distric, gleysoles distric, planosols distric, acrisoles haplicicos	Superficie del suelo con pH < 5
Muy superficial	—	Ninguno	Profundidad ≤ 30 cm
Estrés por humedad del suelo (> tres meses de sequía)	D	Régimen de humedad del suelo áspero o sérico: seco > 60 días consecutivos/año pero húmedo > 180 días acumulados/año	Capacidad de agua disponible (AWC) < 50 mm m ⁻¹
Alto potencial de lixiviación, baja capacidad de amortiguación, baja CICE efectiva	E	CIC < 4 cmol kg ⁻¹ de suelo; CICE < 7 cmol kg ⁻¹ de suelo por suma de cationes a pH 7	Capa superficial del suelo con CIC < 4 cmol kg ⁻¹ de suelo
C orgánico muy bajo	—	Ninguna	Capa superficial del suelo con carbono orgánico (OC) < 0.2%
Alta fijación de P por óxidos de Fe y Al	<i>i, i-; i+</i>	Alto% de Fe ₂ O ₃ libre; oxisoles o grupos oxicos con textura arcillosa > 35% de arcilla; tonos más rojos que 5 años y estructura granular	Capa superficial del suelo con textura > 35% de arcilla, o presencia de ferralsols, Acrisols, alisols y plinthosols
Suelos pobres			
Toxicidad limitada de aluminio, intemperismo intermedio	<i>a —</i>	10 – 60% de saturación de Al en la capa superficial del suelo; o saturación de bases (BS) < 33%	En la capa superficial de suelo: CIC 4 – 10 cmol kg ⁻¹ de suelo; Saturación de bases 20 – 50%; CIC 20 – 50 cmol kg ⁻¹ de arcilla; y pH ≤ 5 o < 6
Carbono orgánico bajo	—	Ninguno	Capa superficial del suelo con Carbono orgánico (OC) < 0.6%
Poco profundo/obstáculos a las raíces	R	Roca o capa dura a menos de 50 cm de la superficie del suelo	Profundidad 30 – 50 cm; obstáculos para las raíces entre 0 – 40 cm de profundidad
Grava	<i>r⁺, r⁺⁺</i>	Grava > 10%	Grava > 15%
Leve alcalinidad	<i>n —</i>	Porcentaje de sodio intercambiable (EPS) 6 – 15%	Capa superficial del suelo con porcentaje de sodio intercambiable (EPS) entre 6 – 15%; y pH entre 7.2 – 8.5
Suelos buenos			
Deficiencias calcáreas (reacción básica) comunes de Fe y Zn	B	Reacción calcárea, pH superior a 7.3, puede ser deficiente en micronutrientes, pero a menudo muy alta fertilidad	Porcentaje de sodio intercambiable (EPS) < 6 y pH entre 7.2 – 8.5; o CaCO ₃ entre 2 – 40%
Arcillas agrietadas, propiedades verticales, arcilla plástica muy pegajosa	V	Suelos > 35% de arcilla y con > 50% de arcilla expandible tipo 2.1, vertisoles o grupos vérticos	Capa superficial del suelo con textura > 30% de arcilla y CIC > 50 – 100 cmol kg ⁻¹ de arcilla; o suelos con propiedades vérticas
Suelos volcánicos amorfos con alta fijación de P por alófanos	X	Andosoles o subgrupos ándicos, excepto los grandes grupos vitrand y subgrupos vitricos	Andosoles (excepto Andosoles vitreos); o CIC > 150 cmol kg ⁻¹ de arcilla
Suelos anegados, condiciones gleicas	<i>g, g+</i>	Régimen de humedad del suelo acuático, saturado con agua > 60 días año ⁻¹	Suelos gleicos, histosoles y planosoles; no fluvisoles tiónicos

3.6.3. METODOLOGÍA DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CALIDAD DE SUELOS ARROCEROS

FÍSICAS

- Densidad aparente (Método de Bouyoucus)
- Densidad real (Método del Picnómetro)
- Textura (Método de Bouyoucus)
- Porosidad (Mediante Fórmulas)

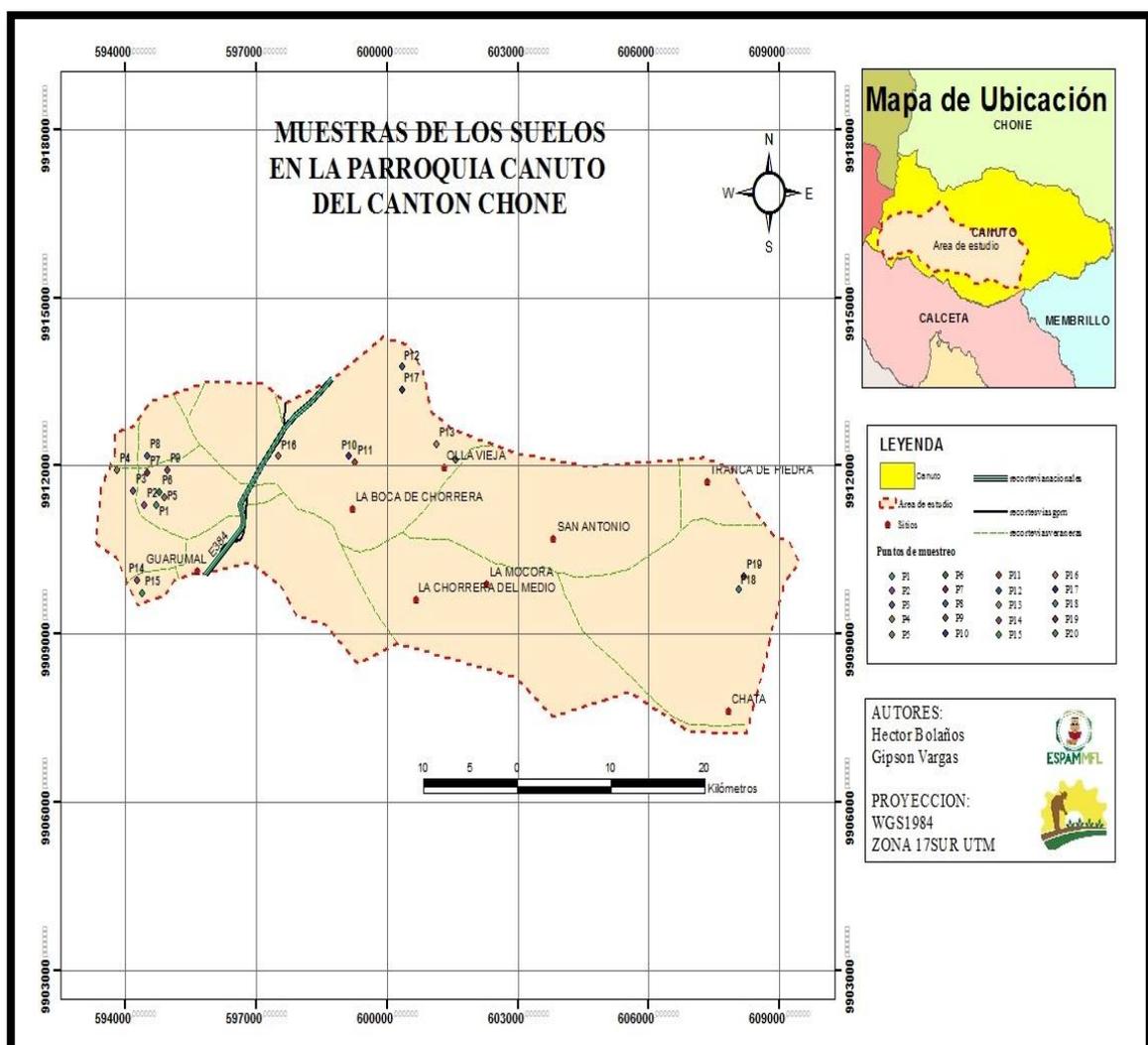
QUÍMICAS

- Macro y micronutrientes (Para la extracción de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn, se utilizó el método de Olsen Modificado, mientras que la extracción de boro y azufre se hizo con Fosfato de Calcio Monobásico)
La metodología utilizada para N, P y B, fue colorimetría. Para azufre la metodología usada fue Turbidimetría. y Para K, Ca, Mg Cu, Fe, Mn, Zn, la metodología usada fue la Absorción Atómica.
- Relación de cationes
- Materia orgánica (Metodología de Titulación Welkley Black)
- pH (Solución de Suelo:agua (1:2.5) (Método Potenciométrico)
- Conductividad eléctrica (Método del Conductímetro)
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREOS DE LOS SUELOS ARROCEROS DE LA PARROQUIA CANUTO

Se visitó las distintas fincas en la parroquia Canuto Debido a que el estudio comprende la distribución espacial de las propiedades del suelo, fue necesario la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de delimitar las áreas de estudio y orientar los puntos de muestreo. Por lo tanto se empleó un navegador GPS Garmin64s para recolectar las distintas muestras de suelos con su ubicación geográfica (anexo 11).



4.2. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS Y CUANTIFICAR EL PORCENTAJE DE LOS SUELOS ARROCEROS DE LA PARROQUIA CANUTO

La **figura 1**, muestra que el 75% de los suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan bajos contenidos de materia orgánica del suelo (MOS), mientras que el 25% son de contenidos medios en MOS, esto de acuerdo a los rangos que maneja el INIAP para los suelos de la costa ecuatoriana, donde se ha determinado que suelos por debajo del 3% son bajos en MOS y por encima del 5% son altos en MOS (Boada, 2015). Estos rangos de clasificación del contenido de MOS también coinciden a los determinados por Arévalo y Castellano (2009). Debido a los bajos contenidos de MOS que presentan los suelos arroceros de Canuto, es conveniente realizar incorporaciones de enmiendas orgánicas con la finalidad de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas, además de disminuir los procesos de degradación, dado que suelos con bajos contenidos en MOS han sido catalogados en proceso de degradación (Diacono y Montemurro, 2010).

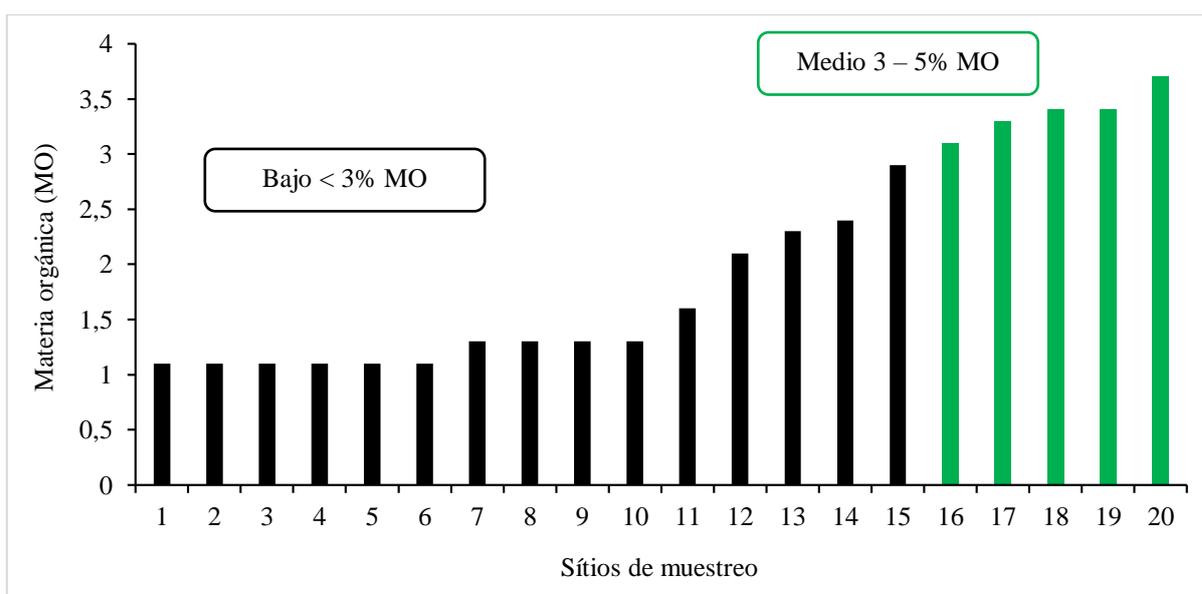


Figura 1. Contenidos de materia orgánica del suelos (MOS) en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

En la **figura 2**, se aprecia que la clase textural arcillosa domina en los suelos dedicados al cultivo de arroz en la parroquia Canuto con 60%, seguido de suelos franco-arcilloso con el 20% y con un 15 y 5% de suelos con clase textural franco-arcillo-arenoso y arcillo-arenoso, respectivamente. De acuerdo a los resultados de clases texturales se puede afirmar que los suelos de la parroquia Canuto son adecuados para el cultivo de arroz, dado que predominan las arcillas que mejoran la retención de humedad y nutrientes para el cultivo. En este sentido, resultados de investigación de Dou et al. (2016) mencionan que el rendimiento de arroz fue 46% superior en suelos arcillosos que en suelos francos y arenosos.

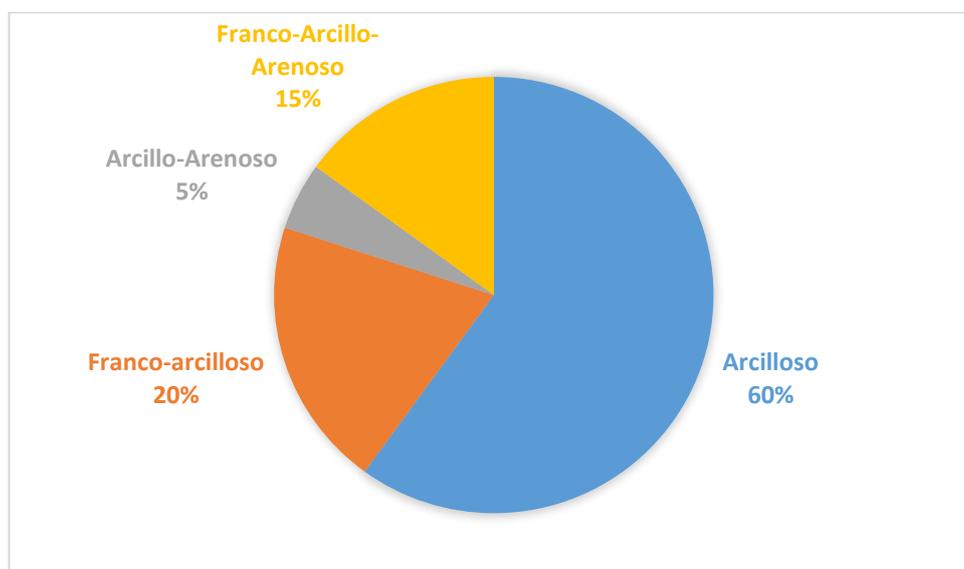


Figura 2. Textura predominante en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

Con los resultados de MOS y clase textural, se propone una categorización de los contenidos de MOS en suelos arroceros, de acuerdo a la clasificación descrita por Baldock y Skjemstad (1999), donde se aprecia (**tabla 1**) que cada clase textural presenta una categorización de la MOS, con la cual se debería trabajar para interpretar trabajos futuros.

Tabla 1. Categorización de los contenidos de MO de suelos basados en la clase textural, de acuerdo a lo descrito por Baldock y Skjemstad (1999).

Textura de suelos arroceros de la parroquia Canuto	Categorías de MO del suelo de acuerdo a la clase textural		
	Bajo	Medio	Alto
Arcilloso	<2,1	2,1 - 3,4	>3,4
Franco-arcilloso	<2,1	2,1 - 3,4	>3,4
Arcillo-Arenoso	<1,2	1,2 - 2,4	>2,4
Franco-Arcillo-Arenoso	<1,6	1,6 - 3,1	>3,1

La **figura 3**, muestra que los suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan bajos contenidos de N (5 – 12 ppm), que según reportes de Flynn (2015) suelos con concentraciones de $N-NO_3^-$ inferiores a 20 ppm son considerados deficientes en este macronutriente, por lo que es necesario la aplicación de cantidades significativas de fertilizantes nitrogenados para obtener rendimientos adecuados. La deficiencia de N en suelos arroceros coincide con bajos contenidos en MOS, que según los resultados mostrados en la **figura 1**, el 75% de los suelos de Canuto son bajos en MOS. En el caso del cultivo de arroz se ha recomendado dosis de fertilización nitrogenada que van desde los 150 a 200 kg de $N\ ha^{-1}\ ciclo^{-1}$ para alcanzar rendimientos adecuados en suelos de baja fertilidad (Dobermann y Fairhurst, 2012).

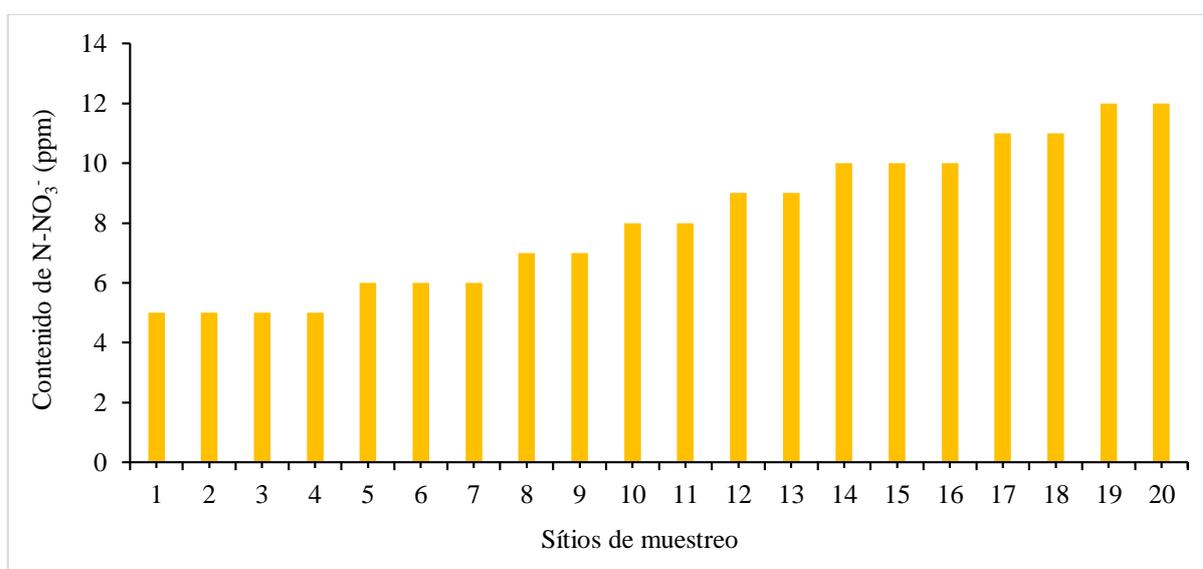


Figura 3. Contenidos de nitrógeno en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

En la **figura 4**, se observa que los suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan contenidos medios y altos de P, de acuerdo a la metodología de Olsen que establece niveles medios de P en el suelo cuando la concentración se encuentra entre 10 – 25 ppm, y altos cuando la concentración supera los 25 ppm (Horneck *et al.*, 2011). Lo expuesto concuerda a lo descrito por Flynn (2015) quien describe niveles medios de P en el suelo en los rangos de 10 – 20 ppm y niveles altos o suficientes cuando la concentración del elemento se encuentra entre 20 – 40 ppm.

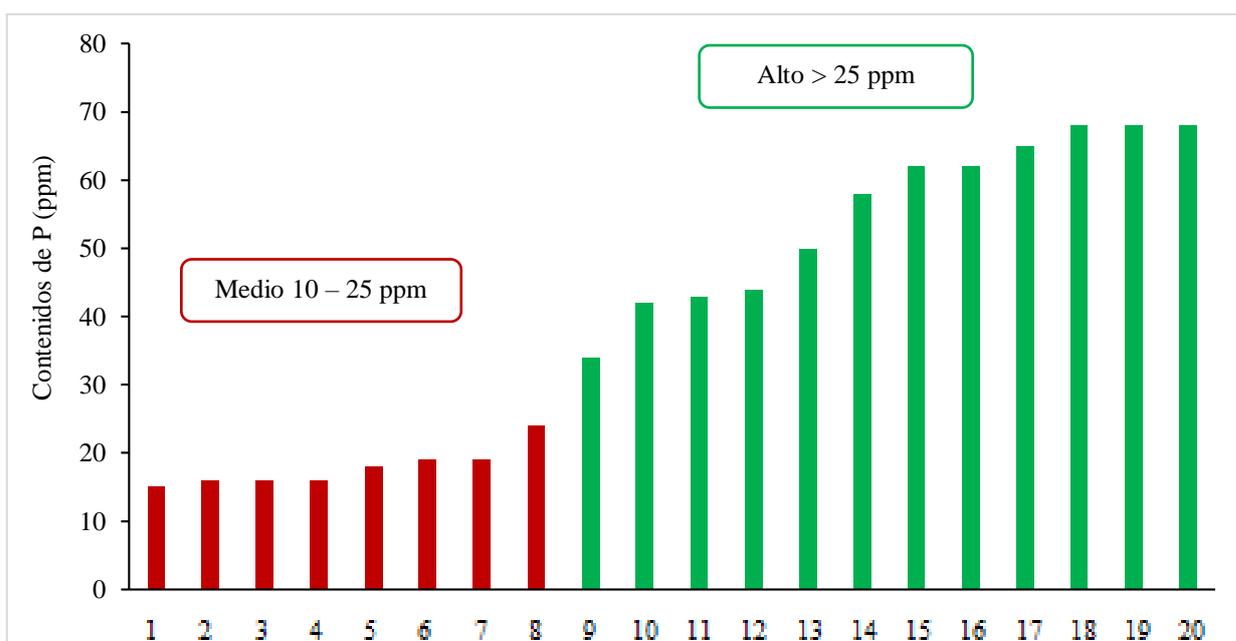


Figura 4. Contenidos de fósforo en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

En este sentido, Horneck *et al.* (2011) sugieren aplicaciones de entre 0 – 225 kg ha⁻¹ y de 0 – 74 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para suelos con contenidos medios y altos de P, respectivamente. De acuerdo a Dobermann y Fairhurst (2012) suelos arroceros bajos en P son aquellos que presentan contenidos <5 ppm y contenidos medios entre 5 – 10 ppm P. Además suelos arroceros con baja y mediana fertilidad necesitan aplicaciones de entre 35 – 60 y 35 – 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ ciclo⁻¹, respectivamente.

La **figura 5**, muestra que el 90% de suelos arroceros de la parroquia Canuto contienen altos niveles de K y el 10% contenidos muy altos del elemento. Estas categorías se basan en las descritas por Marx *et al.* (1999), Horneck *et al.* (2011) y Flynn (2015) quienes mencionan que suelos con concentraciones entre 0.6 – 2.0 meq/100 g son altos en K y por encima de los 2.0 meq/100 g son muy altos o excesivos en potasio. De acuerdo a reportes de Dobermann y Fairhurst (2001) en suelos arroceros inundables el contenido de potasio extractable varía desde 0.05 – 2.0 meq/100 g, considerándose como nivel crítico de potasio con acetato de amonio puede variar de 0.1 – 0.4 meq/100 g. Según Dobermann y Fairhurst (2012) suelos arroceros con alta fertilidad potásica necesitan aplicaciones de mantenimiento de entre 60 – 80 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ para alcanzar alto rendimiento de grano.

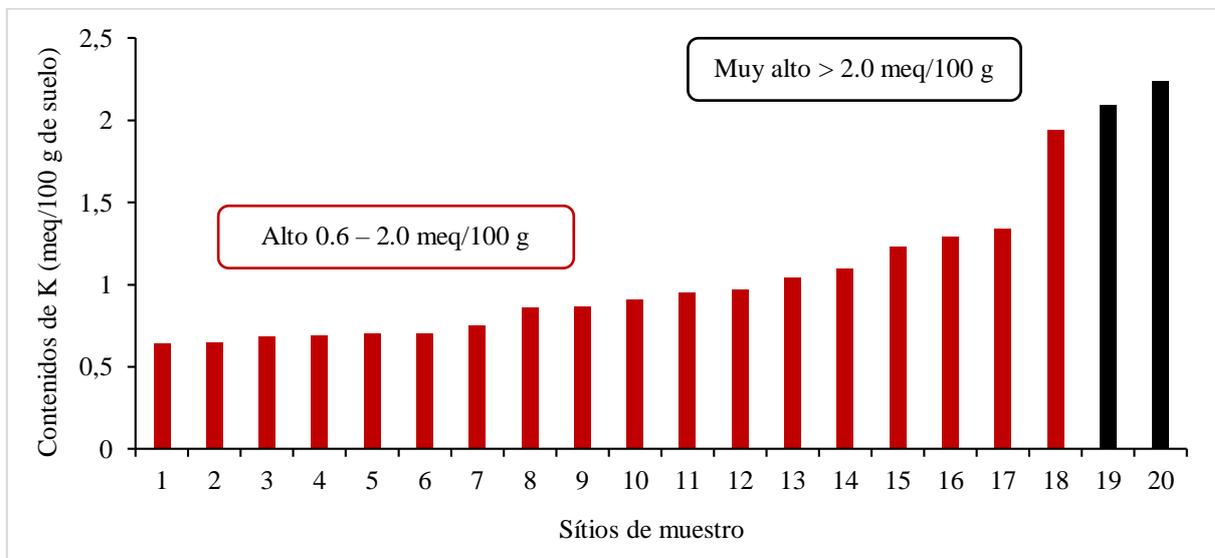


Figura 5. Contenidos de potasio en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

La **figura 6**, ilustra los contenidos de $S-SO_4^{-2}$ en suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan contenidos medios y altos de azufre. De acuerdo a Horneck *et al.* (2011) suelos con concentraciones menores a 5 ppm de $S-SO_4^{-2}$ son considerados bajos, entre 5 – 20 ppm son medios y superior a 20 ppm son altos en azufre. Por su parte, Marx *et al.* (1999) mencionan que suelos medios en azufre son aquellos que contienen entre 2 – 10 ppm en forma de $S-SO_4^{-2}$ y suelos con concentraciones mayores a 10 ppm de $S-SO_4^{-2}$ son suficientes para el desarrollo y producción de los cultivos. El cultivo de arroz necesita en promedio 1.8 kg de S t^{-1} de grano producido, por lo que para producir rendimientos de entre 6 – 10 toneladas de grano será necesario aplicar entre 11 a 18 kg de S ha^{-1} ciclo $^{-1}$ (Dobermann y Fairhurst, 2005). En base a los contenidos de azufre reportados en las fincas muestreadas se puede indicar que solo en pocas zonas se debe aplicar fertilización azufrada.

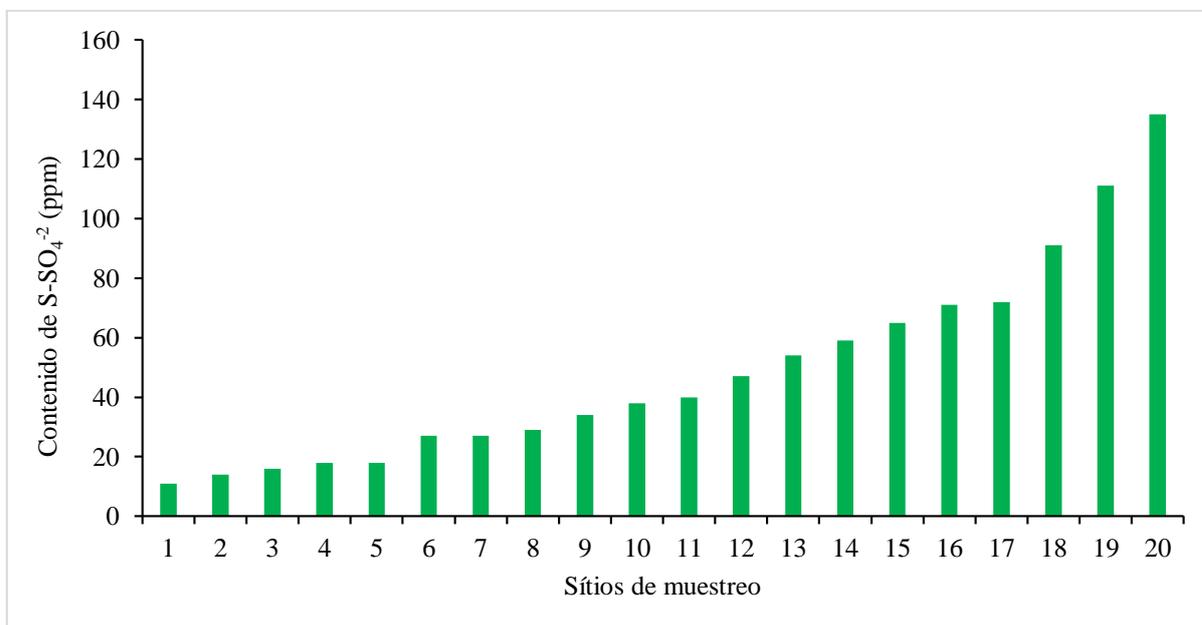


Figura 6. Contenidos de azufre en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

La **figura 7**, ilustra que el 100% de suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan contenidos altos de calcio (>10 meq/100 g). De acuerdo a Marx *et al.* (1999) suelos con concentraciones menores a 5 meq/100 g de suelo son considerados bajos, entre 5 – 10 meq/100 g medios y superior a 10 meq/100 g son altos en calcio. Por otra parte, Valdivieso. (2016) menciona que suelos medios con calcio son aquellos que contienen entre 5.1 – 5.8 meq/100 ml en forma de Ca y suelos con concentraciones mayores a 8,9 meq/ 100 ml de Ca son suficientes para el desarrollo y producción de los cultivos. Los resultados obtenidos indicarían que no hay necesidad de aplicar fertilización cálcica en estos suelos, dado que en estas condiciones sería poco probable que se presente una deficiencia del elemento en el cultivo de arroz, debido a que las deficiencias en calcio se hacen evidente cuando el contenido de Ca en el suelo es < 1 meq/100 g, o cuando la saturación de Ca es $< 8\%$ de la CIC (Dobermann y Fairhurst, 2012).

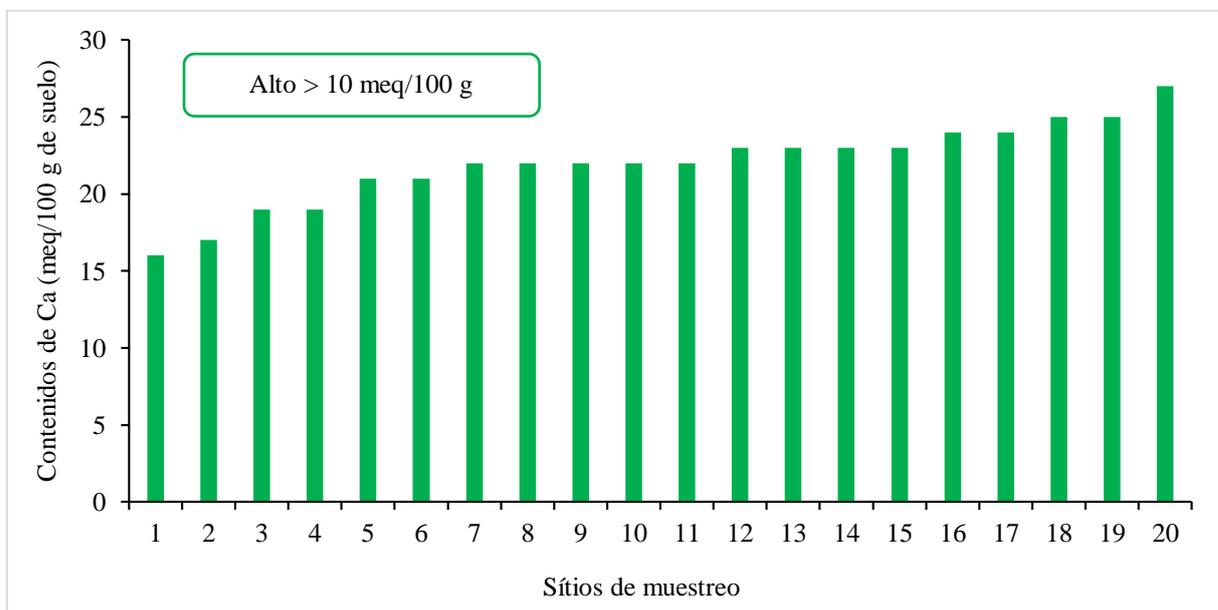


Figura 7. Contenidos de calcio en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

La **figura 8**, evidencia altos contenido de Mg en el 100% de suelos arroceros muestreados en la parroquia Canuto. Esto de acuerdo a Horneck *et al.* (2011) quienes describen que niveles de Mg menores a 0.5 meq/100 g son considerados bajos, entre 0.5 – 2.5 meq/100 g son medios y por encima de 2.5 meq/100 g son altos en magnesio. Por su parte, Boada (2015) y Marx *et al.* (1999), mencionan que suelos con concentraciones entre 0.5 – 1.5 meq/100 g son medios en Mg y mayores 1.5 meq/100 g son altos en magnesio. Los resultados indican que en los suelos de la parroquia Canuto, no habría la necesidad de aplicar fertilización a base de magnesio, puesto que para el cultivo de arroz se consideran suficientes concentraciones de Mg en el suelo > 3 meq/100 g de Mg, y sólo se presentarían problemas de deficiencia en plantas de arroz a concentraciones de Mg < 1 meq/100 g (Dobermann y Fairhurst, 2012). Los resultados obtenidos concuerdan a los reportados por Kundu *et al.* (2016) quienes obtuvieron concentraciones de Mg en suelos arroceros superiores a 3 meq/100 g que indica buena disponibilidad del elemento para arroz.

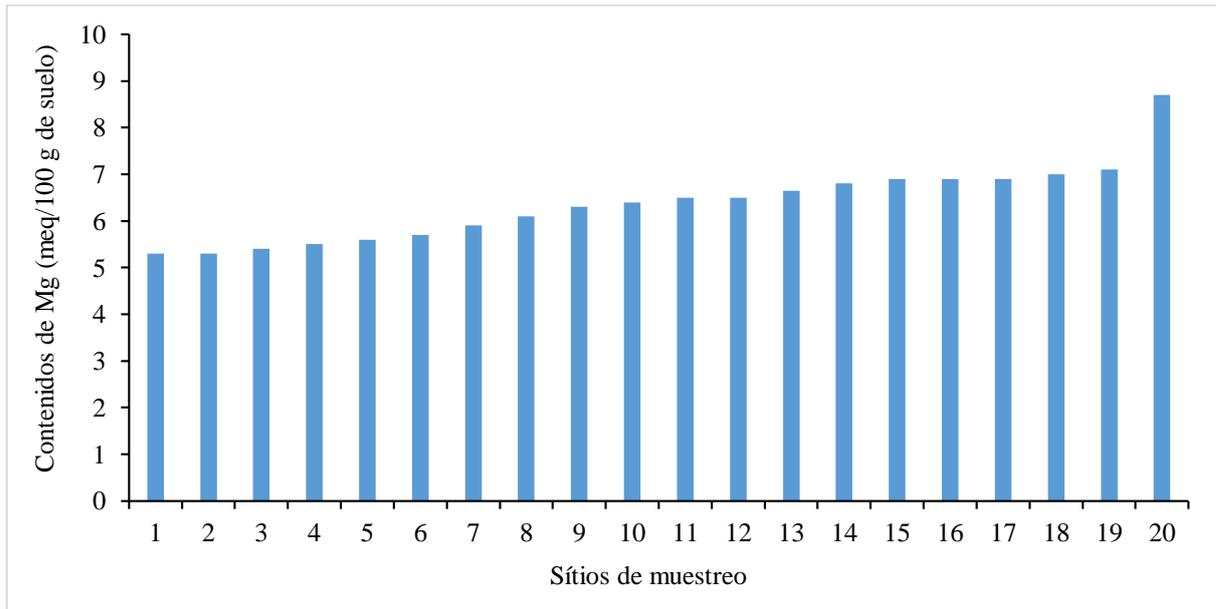


Figura 8. Contenidos de magnesio en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

En la **figura 9**, se muestra la relación de cationes en los suelos arroceros de la parroquia Canuto. De acuerdo a los resultados obtenidos las relaciones catiónicas y porcentaje de saturación de bases están en niveles adecuados para el cultivo de arroz, dado que según Dobermann y Fairhurst (2012) describen que el cultivo de arroz se desarrolla y produce adecuadamente cuando la relación Ca/Mg es $>3-4:1$, para el caso se los suelos de Canuto esta relación fue de 3.57:1 (figura 9) y por lo tanto estaría dentro del rango. Esto se relaciona a lo descrito por Abraham *et al.* (2014) quienes mencionan que una relación Ca/Mg ideal para suelos arroceros de Nigeria es de 6.2:1. Para el caso de la relación K/Mg fue de 0.17 (figura 9) lo cual puede considerarse una relación buena para la absorción de Mg, considerando que según Dobermann y Fairhurst (2012) mencionan que la disponibilidad de Mg se puede reducir cuando la relación K/Mg es muy amplia $>1:1$. En cuanto a la relación Ca+Mg/K, los suelos de Canuto presentan un promedio de 30.80 que indica buena disponibilidad de K y por lo tanto adecuado para el cultivo de arroz. De acuerdo a Dobermann y Fairhurst (2012) el cultivo de arroz podría experimentar desequilibrios y deficiencia de bases cuando la relación Ca+Mg/K es >100 , lo cual concuerda a lo obtenido reportado por Kundu *et al.* (2016) quienes reportaron relaciones Ca+Mg/K entre 109 y 455 en cinco localidades de Kenya y por lo tanto serian suelos arroceros deficientes en K y con desequilibrio entre bases.

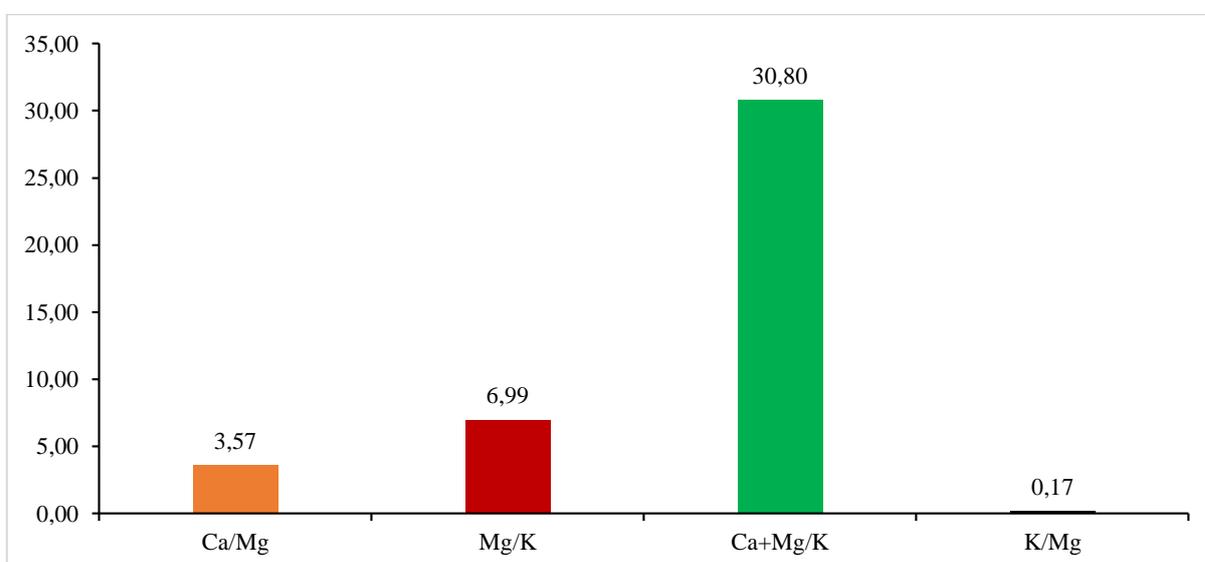


Figura 9. Relación de cationes en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

La **figura 10**, muestra el porcentaje de saturación de bases en los suelos arroceros de la parroquia Canuto. De acuerdo a los resultados obtenidos los porcentajes de saturación de bases en el complejo de cambio son adecuados en los suelos arroceros de la parroquia Canuto, puesto que según Dobermann y Fairhurst (2012) el cultivo de arroz se desarrolla y produce adecuadamente cuando el porcentaje de saturación de Ca $>20\%$, que para el caso de Canuto en promedio está en 60.62% (figura 10), así mismo los mismos autores señalan que el cultivo de arroz se desarrollada y produce adecuadamente cuando el porcentaje de saturación de K es $>2.5\%$ y que por debajo de 1.5% se presentan deficiencias y una alta respuesta del cultivo a la fertilización potásica (Dobermann y Fairhurst, 2001).

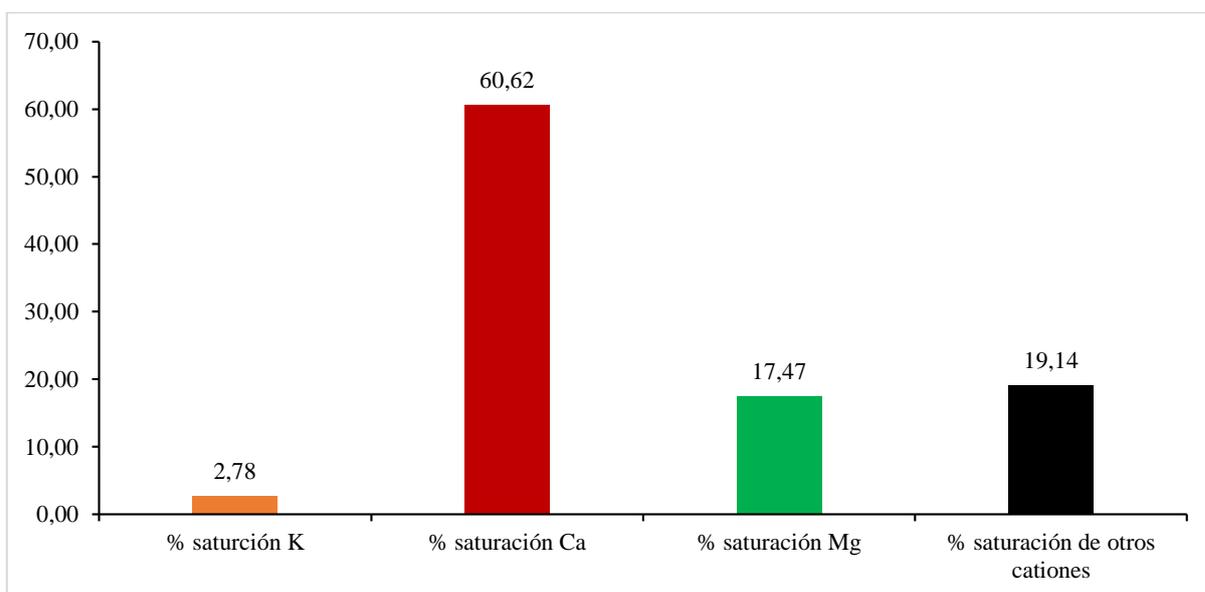


Figura 10. Porcentaje de saturación de bases en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

La **figura 11**, muestra que el 85% de los suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan bajos contenidos de Zn, mientras que el 15% son de contenidos medios, esto de acuerdo a los rangos que maneja el INIAP para los suelos de la costa ecuatoriana de acuerdo a la metodología de Olsen, donde ese ha determinado que suelos con contenidos <3 ppm son bajos en Zn, entre 3.1 – 7 ppm son medios y superior a 7 ppm son altos en Zn (Boada, 2015). En suelos arroceros se han establecido niveles críticos para que se presenten deficiencia del elemento en las plantas, de acuerdo a varias metodologías de extracción de Zn. En este sentido, Dobermann y Fairhurst (2012) describen que para la metodología con DTPA el nivel crítico de Zn en el suelo es 0.8 ppm, con el método del EDTA el nivel crítico es 1.5 ppm, para la metodología con HCl 0.05N es 1 ppm, y para el método HCl 0.1N el nivel crítico es de 2 ppm.

Lo anteriormente descrito, se asemeja a lo reportado por Marx *et al.* (1999), Horneck *et al.* (2011) y Flynn (2015) quienes mencionan que el nivel crítico establecido para Zn en el suelo con el método del DTPA va desde 1 – 1.5 ppm, por lo que por debajo de estos niveles se presentará deficiencia del elemento en la planta. De acuerdo a Dobermann y Fairhurst (2012), en suelos con bajos contenidos de Zn donde se observan síntomas de deficiencia en el cultivo, se recomienda aplicar entre 10 – 25 kg de Sulfato de Zn ha^{-1} .

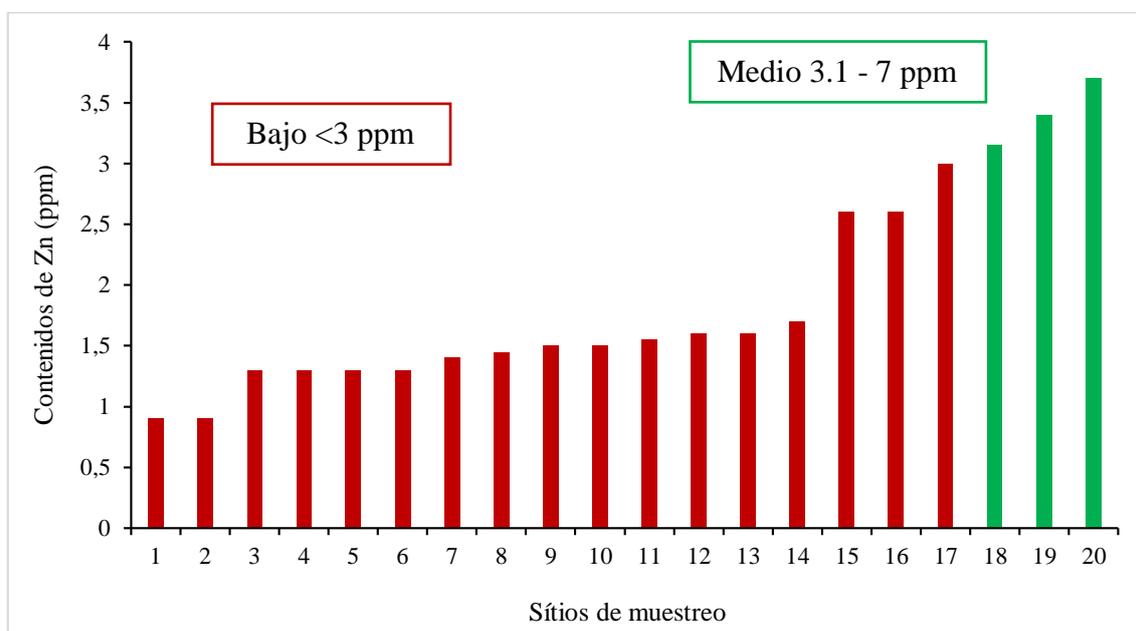


Figura 11. Contenidos de Zn en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

En la **Figura 12**, se observa que el 15% de los suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan contenidos medios de cobre, mientras que el 85% son altos en el elemento. Esto de acuerdo a los rangos que maneja el INIAP para los suelos de la costa ecuatoriana de acuerdo a la metodología de Olsen, donde ese ha determinado que suelos con contenidos <1 ppm son bajos en Cu, entre 1 – 4 ppm son medios y superior a 4 ppm son altos en Cu (Boada, 2015). De acuerdo a Marx et al. (1999), Horneck et al. (2011) y Flynn (2015) los niveles promedios críticos establecidos para Cu en la mayoría de suelos es de 0.6 ppm. Para suelos arroceros, los niveles críticos de Cu establecidos son de 0.1 ppm con el método del HCl 0.05N y 0.2 – 0.3 ppm con el método del DTPA + CaCl_2 (Dobermann y Fairhurst, 2012). Debido a que el Cu en el suelo tiene un alto valor residual y considerando que según los resultados los suelos de Canuto tienen niveles adecuados del elemento, no es preciso incluir el Cu en los planes de fertilización del cultivo.

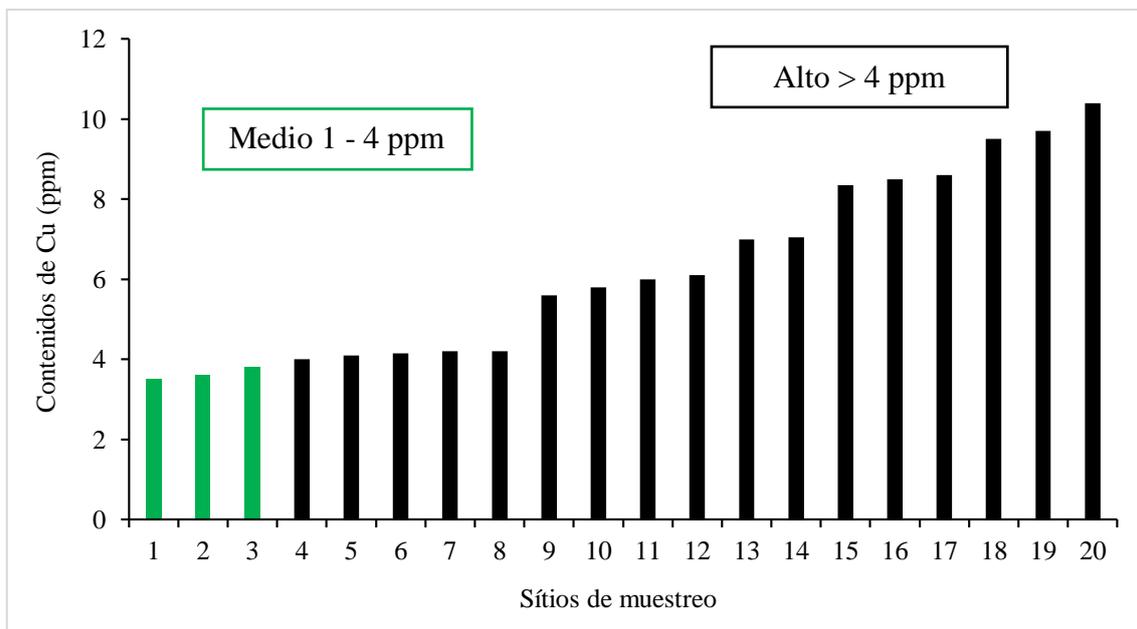


Figura 12. Contenidos de Cu en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

La **figura 13**, indica que el 25% de los suelos arroceros de la parroquia Canuto presentan altos contenidos de Fe, mientras que el 70 y 5% de suelos evaluados son medios y bajos en Fe, respectivamente, esto de acuerdo a los rangos que maneja el INIAP para los suelos de la costa ecuatoriana (Boada, 2015). De acuerdo a lo anterior, se menciona que niveles <20 ppm son bajos, entre 20 – 40 ppm son medios y >40 ppm son altos en Fe. De acuerdo a y Flynn (2015) niveles entre 4.6 – 10 ppm de Fe en el suelo son suficientes para la mayoría de cultivos. Por su parte, Dobermann y Fairhurst (2012) mencionan que los niveles críticos establecidos para suelos arroceros son de <2 ppm de Fe con el método del acetato de NH_4^+ y <4-5 ppm para el método del DTPA- CaCl_2 . De acuerdo a los resultados obtenidos, no se debe realizar aplicaciones de Fe en los suelos con altos contenidos del elemento, con la finalidad de evitar altas concentraciones Fe^{+2} en la solución del suelo y por ende toxicidad en las plantas (Fageria *et al.*, 2008). Por el contrario en suelos deficientes en Fe se recomienda aplicar Sulfato de Fe sólido en dosis de 30 kg ha^{-1} , dirigido al costado de las hileras (Dobermann y Fairhurst, 2012).

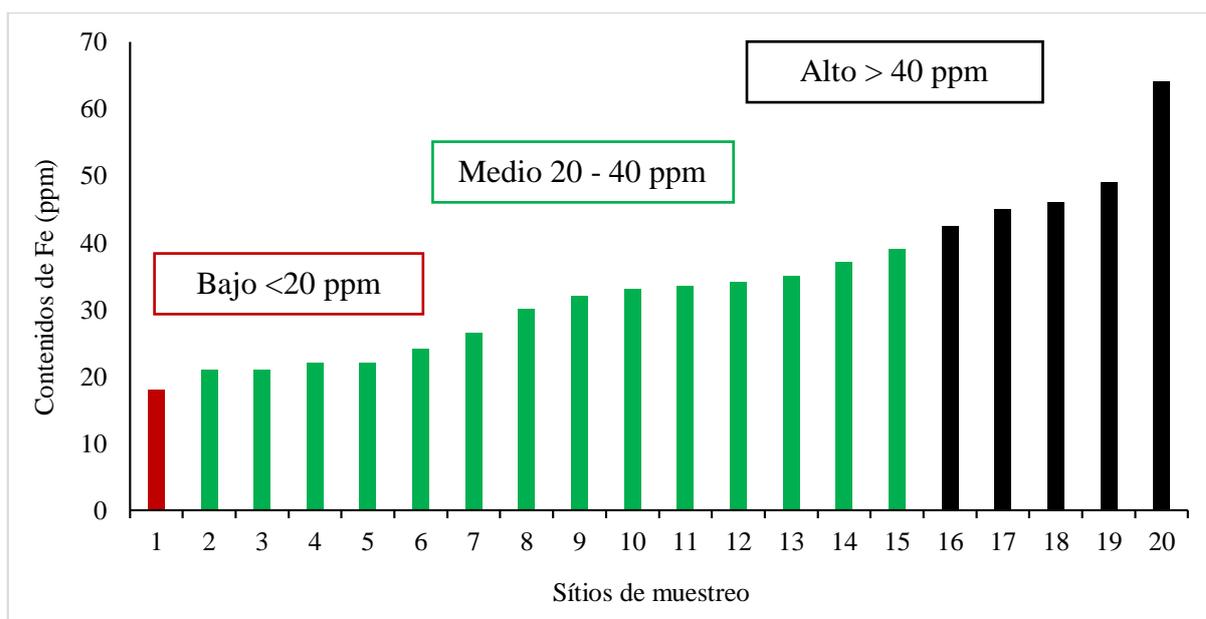


Figura 13. Contenidos de Fe en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

En la **figura 14**, muestra que el 5% de los suelos arroceros de la parroquia Canuto contienen altos niveles de Mn, mientras que el resto posee suelos medios en el nutrimento. De acuerdo a los reportes de INIAP para la costa Ecuatoriana, se considera contenidos bajo en Mn por debajo de 5 ppm, mientras que rangos entre 5.1 – 15 ppm son considerados medios, y por encima de 15 ppm son altos en el elemento (Boada, 2015). De acuerdo a Dobermann y Fairhurst (2012) los niveles críticos para que se presente deficiencia de Mn en el cultivo de arroz son: 1 ppm en ácido tereftálico + CaCl_2 a pH 7.3; 12 ppm en acetato de NH_4 1N + hidroquinona 0.2% a pH 7; y de 15 – 20 ppm con H_3PO_4 0.1 N + $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 3N. La aplicación de Mn en arroz es innecesaria en suelos con contenidos >40 ppm extraído con HCl 0.1 M (Dobermann y Fairhurst, 2012). En base a los resultados obtenidos en los suelos arroceros de la parroquia Canuto y los reportes de investigación, no son necesarias aplicaciones de Mn en suelos que presentaron altos contenidos del elemento, debido a que la inundación puede incrementar la disponibilidad de Mn haciendo que el Mn^{+4} se reduzca a Mn^{+2} y cause toxicidad al cultivo (Führs *et al.*, 2010). Por su parte, Snyder *et al.* (1990) y Dobermann y Fairhurst (2012) indican que las deficiencias de Mn en arroz pueden tratarse con aplicaciones foliares a base de sulfato de Mn y con aplicaciones edáficas en banda con fertilizantes de reacción ácida.

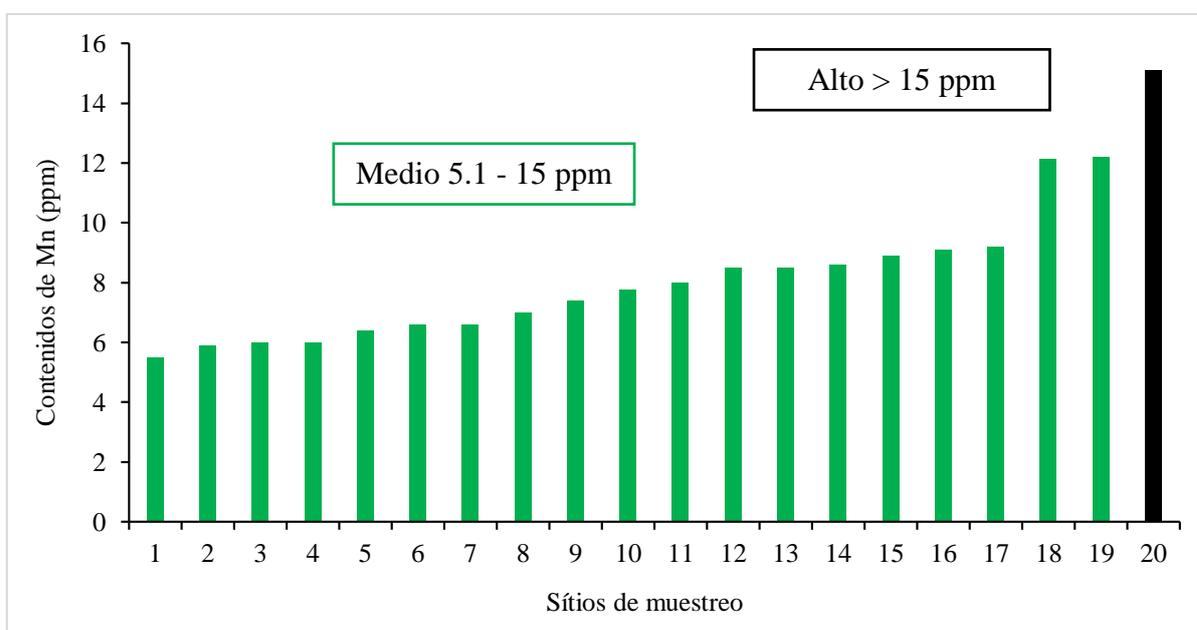


Figura 14. Contenidos de Mn en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

En la **figura 15**, se muestra que el 55% de suelos arroceros de la parroquia Canuto contienen bajos medios de B, mientras que el 45% restante tienen altas concentraciones del elemento. Esto según los rangos establecidos por INIAP para las condiciones de la costa ecuatoriana, donde niveles <0.2 ppm son considerados bajos en B, mientras que niveles de entre 0.2 y 0.49 ppm son medios y superiores a 0.49 ppm se consideran altos en B (Boada, 2015). Esto concuerda en parte a las categorías descritas por Horneck *et al.* (2011) quienes mencionan que suelos con concentraciones entre 0.2 – 0.5 ppm son bajos, entre 0.5 - 1 ppm son medio y superiores a 1 ppm altos en boro. Para suelos dedicados al cultivo de arroz se ha establecido que los rangos de nivel crítico para que se presente deficiencias de boro es de 0.1 a 0.7 ppm (Dobermann y Fairhurst, 2012). De acuerdo a los niveles críticos establecidos y a los resultados obtenidos se puede evidenciar que los suelos de Canuto presentan suficientes cantidades de boro para satisfacer las necesidades del cultivo de arroz. Sin embargo, a futuro estos suelos pueden tener problemas de boro dado que los niveles críticos están muy cercanos a los reportados en la **figura 15**. Para evitar deficiencias de boro se han establecido recomendaciones generales de $0.5 - 3$ kg B ha^{-1} aplicadas al voleo o incorporado antes de la siembra, sin embargo, se deben evitar altas dosis de B, debido a al efecto tóxico del elemento en la planta, que perjudica negativamente la producción de grano (Rehman *et al.*, 2018).

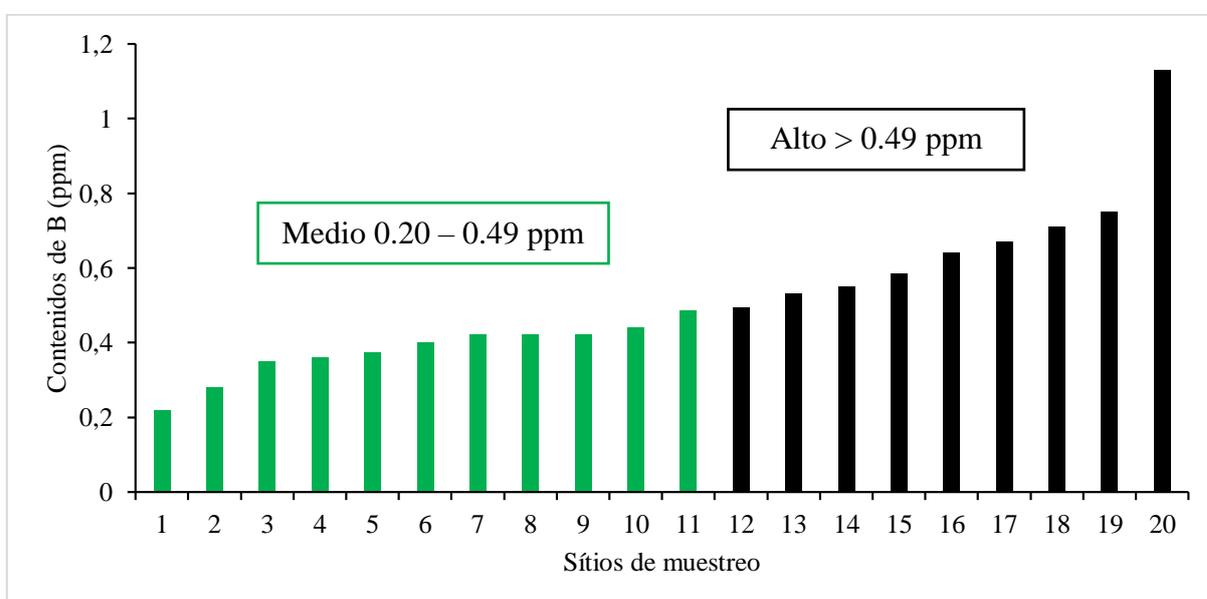


Figura 15. Contenidos de B en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

La **tabla 2**, muestra que en promedio los suelos arroceros de la parroquia Canuto, en promedio presentan un CIC de 36.12 meq/100 g de suelo, donde el menor valor fue de 32 y el mayor de 40. Lo anterior indica que los suelos de Canuto presentan buena fertilidad, debido a que se considera que para la mayoría de cultivos un nivel adecuado de CIC debe estar por encima de 10 meq/100 g de suelo (Dinkins y Jones, 2013). En este sentido, los resultados indican que la alta CIC de los suelos de Canuto está relacionada a altos contenidos de arcilla y por ende se relaciona con una mayor capacidad de retener nutrientes y agua, lo cual es adecuado para el cultivo de arroz establecido bajo el sistema de inundación (IPNI, 1997; Marx *et al.*, 1999; Horneck *et al.*, 2011; Dobermann y Fairhurst, 2012).

En Canuto, los suelos dedicados al cultivo de arroz en promedio mostraron un pH de 7.48, con un mínimo de 7.00 y un máximo de 8.40 (**tabla 2**). Según los rangos descritos por Marx *et al.* (1999), Horneck *et al.* (2011) y Flynn (2015) los suelos arroceros de Canuto son considerados moderadamente alcalinos. Bajo estas circunstancias, podría producirse deficiencias de micronutrientes como Zn, Fe, Cu, Mn debido a que la solubilidad de estos nutrientes tiende a reducirse con el incremento del pH. Además, con pH alcalinos el B es altamente soluble y puede ser absorbido en altas cantidades que por ende puede producir toxicidad al cultivo (Dobermann y Fairhurst, 2012).

La conductividad eléctrica de los suelos arroceros de la parroquia Canuto se ilustran en la **tabla 2**, donde se aprecia que en promedio es de 0.60 dS/m y con valores mínimos de 0.21 y máximos de 1.46 dS/m. Los resultados obtenidos evidencian que los suelos dedicados a la producción de arroz en Canuto no presentan problemas de salinidad, dado que según las tablas interpretativas del INIAP para la costa ecuatoriana establecen que por debajo 2 dS/m los suelos no se consideran salinos, mientras que entre 2 – 4 dS/m son ligeramente salinos, entre 4 – 8 dS/m son suelos salinos y >8 dS/m son muy salinos (Boada, 2015). Esto es coincidente a los reportado por Flynn (2015) quien establece que suelos con valores de conductividad eléctrica <1.5 dS/m no son considerados salinos. Lo anterior evidencia que los suelos de Canuto tiene un bajo contenido de sales solubles y que por tanto no hay riesgo de salinidad. Resultados similares fueron reportados por Kundu *et al.* (2016) quienes alcanzaron promedios mínimos de 0.08 y máximos de 1.52 dS/m en suelos de cinco zonas arroceras de Kenia.

Tabla 2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

Nº de fincas	CIC (meq/100 g)	pH	CE (dS/m)
Finca 1	36,00	7,00	0,21
Finca 2	36,00	7,10	0,21
Finca 3	36,00	7,10	0,21
Finca 4	40,00	7,10	0,28
Finca 5	35,00	7,20	0,29
Finca 6	33,00	7,20	0,36
Finca 7	33,00	7,20	0,37
Finca 8	36,00	7,20	0,38
Finca 9	39,00	7,20	0,38
Finca 10	37,00	7,30	0,47
Finca 11	36,00	7,30	0,57
Finca 12	35,00	7,30	0,61
Finca 13	35,00	7,40	0,65
Finca 14	32,00	7,60	0,66
Finca 15	33,00	7,80	0,71
Finca 16	36,59	7,80	0,85
Finca 17	37,58	8,10	0,93
Finca 18	37,98	8,10	1,16
Finca 19	38,83	8,10	1,24
Finca 20	39,50	8,40	1,46
\bar{x}	36,12	7,48	0,60
S	2,28	0,41	0,36

En la **tabla 3**, se muestran los resultados obtenidos para densidad aparente (DA), real (DR) y porosidad, donde en promedio los suelos arroceros de Canuto presentan valores de 1.13 y 2.31 g/cm³ de DA y DR, con valores mínimo de 0.99 y 2.12 para DA y DR, y máximos de 120 y 2.58 de DA y DR. La porosidad promedio en suelos de arroz en Canuto fue de 55.50% con valores mínimos y máximos de 43.40 y 63.85%. Los resultados indican que la densidad y la porosidad de los suelos de Canuto son adecuados para el cultivo de arroz, dado que se ha establecido que una DA <1.2 g/cm³ y una porosidad de entre el 40 – 60% son óptimas para el cultivo de arroz (Wander *et al.*, 2002). En este contexto, Macci *et al.* (2012) y Mondal *et al.* (2015) indican que estos valores de DA y porosidad son adecuadas para una buena porosidad, penetración de raíces circulación del agua y aire y estabilidad de los agrados del suelo. Los

resultados obtenidos son cercanos a los reportados por Supriyadi *et al.* (2017), quienes alcanzaron valores de densidad aparente y porosidad adecuados para el cultivo de arroz en varias zonas de Indonesia.

Tabla 3. Densidad aparente, real y porosidad en suelos arroceros de la parroquia Canuto, Chone, Manabí.

N° de fincas	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad real (g/cm ³)	Porosidad (%)
Finca 1	1,16	2,15	46,05
Finca 2	1,20	2,12	43,40
Finca 3	1,19	2,16	44,91
Finca 4	1,19	2,20	45,91
Finca 5	1,20	2,28	47,37
Finca 6	1,11	2,32	52,16
Finca 7	1,09	2,29	52,40
Finca 8	1,15	2,19	47,49
Finca 9	1,11	2,58	56,98
Finca 10	1,07	2,31	63,68
Finca 11	1,08	2,34	63,85
Finca 12	1,20	2,27	47,14
Finca 13	0,99	2,26	56,19
Finca 14	1,10	2,26	51,33
Finca 15	1,17	2,20	46,82
Finca 16	1,18	2,14	44,73
Finca 17	1,16	2,30	49,77
Finca 18	1,12	2,24	49,95
Finca 19	1,09	2,45	60,33
Finca 20	1,14	2,31	55,50
\bar{x}	1,13	2,27	51,30
S	0,06	0,11	6,25

4.3. CATEGORIZAR LA CALIDAD DE LOS SUELOS ARROCEROS DE LA PARROQUIA CANUTO

De acuerdo a todas las variables químicas y físicas evaluadas en los suelos arroceros de la parroquia Canuto del cantón Chone, se categorizan como buenos de acuerdo a la clasificación de calidad propuesta por Haefele *et al.*, (2014).

Tabla 4. Características de suelos categorizados como buenos de acuerdo a Haefele *et al.*, (2014).

Propiedad o condición del suelo	Modificador FCC	Definición de la clasificación de la capacidad de fertilidad (FCC)
Deficiencias calcáreas (reacción básica) comunes de Fe y Zn	<i>B</i>	Reacción calcárea, pH superior a 7.3, puede ser deficiente en micronutrientes, pero a menudo muy alta fertilidad
Arcillas agrietadas, propiedades verticales, arcilla plástica muy pegajosa	<i>V</i>	Suelos > 35% de arcilla y con > 50% de arcilla expandible tipo 2.1, vertisoles o grupos vérticos
Suelos volcánicos amorfos con alta fijación de P por alófanos	<i>X</i>	Andosoles o subgrupos ándicos, excepto los grandes grupos vitrands y subgrupos vitricos
Suelos anegados, condiciones gleicas	<i>g, g+</i>	Régimen de humedad del suelo acuático, saturado con agua > 60 días año ⁻¹

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los suelos dedicados a la producción de arroz en la parroquia Canuto fueron diagnosticados y georreferenciados
- Los suelos de Canuto presentan niveles medios y altos de macro y micronutrientes para la producción de arroz, excepto el nitrógeno, zinc y la materia orgánica que fueron deficientes en la mayoría de suelos evaluados.
- El porcentaje de saturación de bases y la relación de cationes fueron adecuados en suelos de Canuto para la producción de arroz.
- Las propiedades físicas de los suelos evaluados en la parroquia Canuto son adecuadas para la producción de arroz bajo inundación.
- El 100% de los lotes de arroz bajo inundación establecido en la parroquia canuto son de buena calidad y fertilidad para la producción de arroz.

RECOMENDACIONES

- Realizar aplicaciones de enmiendas orgánicas-minerales con la finalidad de incrementar los niveles de materia orgánica, potenciar la carga mineral y mantener las condiciones físicas del suelo para la producción de arroz.
- Implementar adecuados planes de fertilización con énfasis en nitrógeno y zinc, con la finalidad de obtener rendimientos óptimos, considerando que la deficiencia de estos nutrientes en el suelo pueden limitar la producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, E.; Osemeahon, S.; Mohammed, B. and Bawa, A. 2014. Assessing the Soil Fertility Status of Three Selected Rice Farms in Yola Metropolis, Adamawa State, Nigeria. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 3(1): 648-665.
- Arévalo, G., Castellano, M. 2009. Manual de Fertilizantes y Enmiendas. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 57p.
- Baldock, J. A. and Skjemstad, J. O. (1999). Soil organic carbon/soil organic matter. In 'Soil Analysis: an Interpretation Manual. (Eds K. I. Peverill, L. A. Sparrow, and D. J. Reuter.) pp. 159-170. (CSIRO Publishing: Collingwood.)
- Benton, J. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Printed in the United States of America. 363 p.
- Boada, D. 2015. Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el manejo del recurso Suelo para mejorar la Productividad de los Principales Cultivos en el Ecuador. Tesis de Magister. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. 102 p.
- Borbor, M.; Boyer, E.; McDowell, W. and Hall, C. 2006. Nitrogen and phosphorus budgets for a tropical watershed impacted by agricultural land use: Guayas, Ecuador. *Biogeochemistry* 79(1–2): 135–161.
- Calero, C y Zambrano, H. 2015. Factores determinantes para la comercialización de los pequeños arroceros en el cantón Daule. (En línea) Ec. Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/88431/D->
- Diacono, M. and Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 401–422.
- Dinkins, P. and Jones, C. 2013. Interpretation of Soil Test Reports for Agriculture. Montana State University, Bozeman, MT 59717. 7 p.

- Dobermann, A. y Fairhurst, T. 2001. Manejo de potasio en arroz. *Informaciones Agronómicas* 45: 1 – 6.
- Dobermann, A. y Fairhurst, T. 2005. Manejo del azufre en arroz. *Informaciones Agronómicas* 58: 7 – 9.
- Dobermann, A. y Fairhurst, T. 2012. Arroz: desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. International Plant Nutrition Institute (IPNI) and International Rice Research Insititute (IRRI). 213 p.
- Dou, F.; Soriano. J.; Tabien, R.; Chen, K. 2016. Soil Texture and Cultivar Effects on Rice (*Oryza sativa*, L.) Grain Yield, Yield Components and Water Productivity in Three Water Regimes. *PLoS ONE* 11(3): e0150549. doi:10.1371/journal.pone.0150549.
- Estela, L; Pérez, S; Saavedra, J. 2008. DEGRADACIÓN DEL ALDRÍN POR *Bacillus licheniformis*, AISLADO DEL AGUA Y SEDIMENTO DE LA CIENAGA GRANDE DE SANTA MARTA, COLOMBIA. *Co*, Vol 17, Número 1, p. 67-76.
- Fageria, N.; Santos, A.; Barbosa, M. and Guimarães, C. 2008. Iron Toxicity in Lowland Rice. *Journal of Plant Nutrition* 31(9): 1676-1697.
- FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC, 2012. Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy (IIASA, Laxenburg, Austria).
- Flynn, R. 2015. Interpreting Soil Tests: Unlock the Secrets of Your Soil. Circular 676. Cooperative Extension Service, College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, NM State University. p 1 – 12.
- Führs, H.; Behrens, C.; Gallien, S.; Heintz, D.; Van, A.; Braun, H. and Horst, W. 2010. Physiological and proteomic characterization of manganese sensitivity and tolerance in rice (*Oryza sativa*) in comparison with barley (*Hordeum vulgare*). *Annals of Botany* 105: 1129–1140.
- Garcia, Y; Ramirez, W Y; Sanchez, S, 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. . (En línea) Esp. Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001

- Haefele, S.; Nelson, A. and Hijmans, R. 2014. Soil quality and constraints in global rice production. *Geoderma* 235-236 (2014): 250 – 259.
- Hormaza, F. 2011. ARROZ DEL ECUADOR. (En línea) Ec. Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en http://www.ecuaquimica.com/info_tecnica_arroz.pdf
- Horneck, D.; Sullivan, D.; Owen, J. and Hart, J. 2011. Soil Test Interpretation Guide. Oregon State University, Extension service. EC 1478: 1 – 12 p.
- I.G.S.T.P “INTERPRETATION GUIDE TO SOIL TEST REPORTS “. (2018). Daubeny Carbon Dioxide Plant Natural® Extraction Method works with all types of soils and is the most accurate in the industry. 5p.
- INP, 1999. “International plant nutrition institute”. Manual internacional de fertilidad de suelos. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/242645735/Manual-Internacional-de-Fertilidad-de-Suelos-pdf>
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 4–10.
- Kundu, C., Ishii, M.; Sato, K.; Masunaga, T.; Wanjogu, R.; Njagi, R.; Yamauchi, A. and Makihara, D. 2016. Evaluation of Soil Chemical Properties under Paddy Production
- Macci, C., S. Doni, E. Peruzzi, G. Masciandaro, C. Mennone and B. Ceccanti, 2012. Almond tree and organic fertilization for soil quality improvement in southern Italy. *Journal of Environmental Management* 95: 215-222.
- Martínez, A. Pérez, E. Pinto, Gurrola, J. A y Osorio, a. 2011. Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, MX. *Revista del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional*. Vol. 1. pp. 1.

- Marx, E.; Hart, J. and Stevens, R. 1999. Soil Test Interpretation Guide. Extension soil scientist, Washington State University. 8 p.
- Mite, F. 2013. Manejo de la nutrición en el cultivo del arroz, experiencias de investigación en Ecuador. En: Jornada de Capacitación "Avances en el Manejo de la Nutrición del Cultivo de Arroz". IPNI – INIAP. Celebrada en Guayaquil, Ecuador, 31 de octubre a 2 de noviembre de 2013. Presentación ppt (75 diapositivas).
- Mohanty, S. 2013. Rice and climate change: significance for food security and vulnerability (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en http://books.irri.org/DPS49_content.pdf
- Mondal, S., R. D. Singh, A. K. Patra and B. S. Dwivedi, 2015. Changes in soil quality in response to short-term application of municipal sewage sludge in a typichaplustept under cowpea-wheat cropping system. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management* 4: 37-41.
- Muñoz, A. 2016. Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y seco bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare. Tesis. Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, CO. P 12.
- Muñoz, D y Martínez, A. 2015. Evaluación de la Calidad de los Suelos en Áreas Cultivadas con Arroz Riego y Secano en los Llanos de Casanare. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en http://revistas.unimeta.edu.co/index.php/rc_es_guarracuco/article/view/284
- Muñoz, D. 2016. Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y seco bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare. (En línea) COL. Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en http://www.bdigital.unal.edu.co/54348/1/2016David_Alejandro_Mu%C3%B1oz.pdf
- Otero, X.; Tierra, W.; Atiaga, O.; Guanoluisa, D.; Nunes, L.; Ferreira, T. and Ruales, J. 2016. Arsenic in rice agrosystems (water, soil and rice plants)

in Guayas and Los Ríos provinces, Ecuador. *Science of the Total Environment* 573: 778–787.

Proaño y Rivas. 2010. Rehabilitación de suelos contaminados por derrame de hidrocarburos mediante biorremediación. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/623/1/T3011.pdf>

R.A.A, 2008. Factores de degradación de suelos. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=35673dd094de1210VgnVCM10000097030a0aRCRD>

Rehman, A.; Farooq, M.; Rashid, A.; Nadeem, F.; Stuerz, S.; Asch, F.; Bell, R. and Siddique, K. 2018. Boron nutrition of rice in different production systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38(25): 1 – 24.

Rodríguez, J. 2012. PERFIL ECONÓMICO DEL ARROZ. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en http://www.cei-rd.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/arroz.pdf

Ruiz, M; Diaz, G; Polon, R. 2005. INFLUENCIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE PREPARACIÓN DE SUELO CUANDO SE CULTIVA ARROZ (*Oryza sativa* L.). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba. *Revista Cultivos Tropicales*. Vol. 26, núm. 2, 2005, pp. 45-52

Sánchez, P.; Palm, C. and Buol, S. 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma* 114: 157– 185.

Sanchez, P.A., Buol, S.W., 1985. Agronomic taxonomy for wetland soils. *Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization. Proceedings of a Workshop Held 26 March to 5 April 1984. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines*, pp. 207–229.

Snyder, G.; Jones, D. and Coale, F. 1990. Ocurrence and correction of manganese deficiency in Histosol-grown rice. *Sois Science Society of American Journal* 54: 1634 – 1638.

- Supriyadi, S.; Purwanto, P.; Sarijan, A.; Mekiuw, Y.; Ustiatik, R.; Prahesti, R. 2017. The assessment of soil quality at paddy fields in Merauke, Indonesia. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(3): 443–448.
- Suquilanda, M. 2008. El deterioro de suelos en Ecuador y la producción agrícola. En memorias del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Ecuador, 29 – 31 de octubre de 2008. 1 – 12 p. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.-Suelos.pdf>
- Suquilanda, M. 2008. El deterioro de suelos en Ecuador y la producción agrícola. En memorias del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Ecuador, 29 – 31 de octubre de 2008. 1 – 12 p. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.-Suelos.pdf>
- Suquilanda, M. 2015. El deterioro de los suelos en el ecuador y la producción agrícola. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.-Suelos.pdf>
- System in Central Kenya: Soil Exchangeable Cations. *Journal of Agricultural Science* 8(8): 136 – 148.
- UNICEN, 2015. “Universidad Nacional Del Centro De La Provincia De Buenos Aires”. Degradación de suelos. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <https://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>
- Uribe, F. 2012. Factores en la degradación del suelo. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.hortalizas.com/cultivos/factores-en-la-degradacion-del-suelo/>
- Valdivieso, F. 2006. Generación de recomendaciones de fertilización a partir de resultados de análisis de suelos. *Interpretación de suelos Ecuador*. 58 p
- Verhulst, N; Francois, I Y; Govaerts, B, 2015. Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables? (En línea) Méx. Consultado 10 de dic. 2017. Formato

PDF. Disponible en
http://conservacion.cimmyt.org/en/component/docman/doc_view/1503-calidad-de-suelo-2015

Wander, M.; Walter, G.; Nissen, T.; Bollero, G.; Andrews, S. and Cavanaugh, D. 2002. Soil quality: science and process. *Agronomy Journal*, 94: 23-31.

Zamorano, E. 2014. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS. (En línea). Consultado 10 de dic. 2017. Formato PDF. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1856/2/02.pdf>

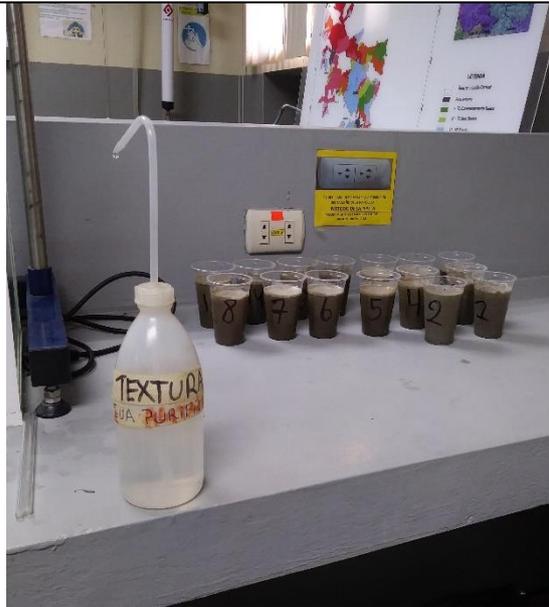
Zhou, W; Fei, T; Chen, Y; Westby,A; Jun, W, 2014. Biorremediación de suelos Degradados. Universidad Peruana Unión. Tarapoto, Peru. *Revista de la Universidad Peruana Unión*. Vol. 1. P. 1

ANEXOS

ANEXO 1	ANEXO 2
	
Georeferenciaion de muestras de suelos.	Recolección de muestras de suelos en diferentes fincas de la parroquia Canuto.
ANEXO 3	ANEXO 4
	
Medición de profundidad para la recolección de muestra validad.	Homogenización de las muestras, para el proceso del análisis.

<p>ANEXO 5</p> 	<p>ANEXO 6</p> 
<p>Enfundado de muestras del campo a fundas que se enviaran al laboratorio.</p>	<p>Selección de las muestras del campo a fundas que se enviaran al laboratorio.</p>
<p>ANEXO 7</p> 	<p>ANEXO 8</p> 
<p>Verificación del peso de las muestras que se fueron al laboratorio.</p>	<p>Numeración de las muestras que se fueron al laboratorio.</p>

ANEXO 9



Proceso para análisis físico de textura en laboratorio de suelo, ESPAM "MFL".

ANEXO 10



Licudo de suelo para análisis físico de textura en laboratorio de suelo, ESPAM "MFL".