



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADO

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTION AMBIENTAL**

TEMA:

**“LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PLAN
DE MANEJO DE SUELOS EN EL SECTOR DE LAS PRESAS SIMBOCAL
Y RÍO GRANDE, MANABÍ, ECUADOR”.**

AUTOR: ING. VILLAVICENCIO MEJÍA WALTER ALFREDO

DIRECTOR:

ING. CARRERA VILLACRÉS DAVID VINICIO, PH.D.

SANGOLQUÍ

2019



CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, *“Levantamiento de información, caracterización y plan de manejo de suelos en el sector de las presas Simbocal y Río Grande, Manabí, Ecuador”* fue realizado por el señor *Villavicencio Mejía Walter Alfredo* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permite acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, junio de 2019

Firma:

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'David Vinicio Carrera Villacrés', is written over a horizontal dotted line.

Ing. David Vinicio Carrera Villacrés, Ph.D.

C.C. 1712203518



AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Villavicencio Mejía Walter Alfredo*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Levantamiento de información, caracterización y plan de manejo de suelos en el sector de las presas Simbocal y Río Grande, Manabí, Ecuador”* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, junio 2019

Firma

Walter Alfredo Villavicencio Mejía

C.C:1307891968



AUTORIZACIÓN

Yo, Villavicencio Mejía Walter Alfredo autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Levantamiento de información, caracterización y plan de manejo de suelos en el sector de las presas Simbocal y Río Grande, Manabí, Ecuador” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, junio 2019

Firma

Walter Alfredo Villavicencio Mejía

C.C:1307891968

DEDICATORIA

Cuando Dios nos da la oportunidad de vivir y volver a nacer, uno mira a sus familiares y los aprecia mucho más.

Este Master va dedicado a Yenny Zambrano Bravo mi esposa que juntos vamos por la vida queriendo hacer lo mejor, a mis hijos Joao, José y Jesús que son otros importantes empujes en mis proyectos, a mis padres que sigan creyendo en este su hijo.

AGRADECIMIENTO

Cuando uno concluye un trabajo llega a una meta y tienes que agradecer, te llevarías algunas hojas nombrándolos a todos los que de una y otra manera te alientan a seguir.

En este momento que se llega al final con esta tesis y el título de máster solo tengo letras de agradecimiento a todos, pero en especial a DIOS, a mi esposa mis hijos por ser ese motor, además a David Carrera por haber sido en esta maestría un buen guía desde cuándo comenzó a darnos cuencas hidrográficas simplemente gracias.

A Margarita que como coordinadora es un ejemplo que seguir gracias

A la ESPE porque realmente para mí era un sueño estudiar en esta universidad gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema a resolver.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación, importancia y alcance del proyecto.....	6
1.5. Hipótesis o Interrogante.....	8

CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Marco Legal	9
2.2 Marco epistemológico	11
2.2.1 El suelo	11
2.2.2 Funciones del suelo	12
2.2.3 Características de los suelos	13
2.2.3.1 Características físicas del suelo	14
2.2.3.2 Características químicas del suelo.....	14
2.2.4 Desertificación y erosión del suelo.....	15
2.2.5 Erosión hídrica	16
2.2.6 Efecto barrera de las presas	17
2.2.7 Análisis de suelos	20
2.3 Marco Conceptual	23
2.3.1 Suelo.....	23
2.3.2 Erosión de suelos.....	23
2.3.3 Contaminación del suelo	24
2.3.4 Condiciones físicas del suelo	24
2.3.5 Estudio de suelos	24
2.3.6 Mapa de suelo.....	25
2.3.7 Muestra simple (submuestra)	25
2.3.8 Muestra compuesta.....	25
2.3.9 Muestra a profundidad.....	26
CAPÍTULO III	27
METODOLOGÍA	27
3.1 Descripción del área de estudio.....	27

3.2. Muestreo de los perfiles de suelo	30
3.2.1 Proceso analítico jerárquico	31
3.2.2 Álgebra de mapas	32
3.2.3 Técnicas de muestreo	34
3.2.4 Selección de los perfiles de muestreo.....	35
3.3 Determinaciones de laboratorio.....	36
3.4 Clasificación de los perfiles de suelo en base a los parámetros	36
3.5 Análisis Estadístico	38
3.6 Determinación de producción agrícola.....	38
3.7 Elaboración de mapas.....	38
3.8 Elaboración del plan de manejo	39
CAPÍTULO IV	40
RESULTADOS.....	40
4.1 Parámetros físicos.....	40
4.1.1 Humedad	40
4.1.2 Densidad aparente	41
4.1.3 Densidad real.....	41
4.1.4 Porosidad	42
4.2 Parámetros químicos	43
4.2.1 pH.....	43
4.2.2 Sólidos Totales disueltos (STD).....	46
4.2.3 Residuo Seco Calcinado (RSC).....	46
4.2.4 Sólidos totales	47
4.2.5 Concentración Calcio (Ca^{2+})	49
4.2.6 Concentración Magnesio (Mg^{2+}).....	51
4.2.7 Concentración Sodio (Na^+).....	53

4.2.8 Concentración Potasio (K^+).....	55
4.2.9 Conductividad Eléctrica	57
4.2.10 Suma de cationes.....	59
4.3 Análisis de producción por investigación.....	61
4.4 Análisis de Correlación Canónica (ACC) entre los parámetros físicos y químicos	68
CAPITULO V	76
PLAN DE MANEJO DE SUELOS.....	77
Socialización de resultados	167
CAPITULO VI	169
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
6.1 Conclusiones	169
6.2 Recomendaciones.....	171
6.3 Bibliografía.....	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Guía general para la interpretación de suelos.</i>	22
Tabla 2. <i>Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980; citado en Aznar y Guijarro, 2012)</i>	31
Tabla 3. <i>Matriz de comparación por pares entre variables</i>	32
Tabla 4. <i>Pesos de las variables (Lara, 2019)</i>	32
Tabla 5. <i>Métodos para el análisis físico-químico.</i>	36
Tabla 6. <i>Tipos de suelos NOM-021-RECNAT-2000 (2002)</i>	37
Tabla 7. <i>Densidad real modificado de Porta et al. (2003)</i>	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de ubicación de la Presa Simbocal.</i>	29
Figura 2. <i>Mapa de ubicación de la Presa Río Grande.</i>	30
Figura 3. <i>Humedad vs. Perfiles de acuerdo a su profundidad</i>	40
Figura 4. <i>Perfiles densidad aparente</i>	41
Figura 5. <i>Perfiles densidad real</i>	42
Figura 6. <i>Perfiles porosidad</i>	43
Figura 7. <i>Variación de pH extracción 1:1</i>	44
Figura 8. <i>Variación de pH extracción 1:5</i>	45
Figura 9. <i>Variación de pH extracción 1:10</i>	45
Figura 10. <i>Variación de Sólidos Disueltos Totales</i>	46
Figura 11. <i>Variación de RSC</i>	47
Figura 12. <i>Variación de Sólidos totales extracción 1:1</i>	48
Figura 13. <i>Variación de Sólidos totales extracción 1:5</i>	48
Figura 14. <i>Variación de Sólidos totales extracción 1:10</i>	49
Figura 15. <i>Variación de Calcio extracción 1:1</i>	50
Figura 16. <i>Variación de Calcio extracción 1:5</i>	51
Figura 17. <i>Variación de Calcio extracción 1:10</i>	51
Figura 18. <i>Variación de Magnesio extracción 1:1</i>	52

Figura 19. Variación de Magnesio extracción 1:5	53
Figura 20. Variación de Magnesio extracción 1:10	53
Figura 21. Variación de concentración de Sodio extracción 1:1	54
Figura 22. Variación de concentración de Sodio extracción 1:5	55
Figura 23. Variación de concentración de Sodio extracción 1:10	55
Figura 24. Variación concentración de Potasio extracción 1:.....	56
Figura 25. Variación concentración de Potasio extracción 1:5.....	57
Figura 26. Variación concentración de Potasio extracción 1:10.....	57
Figura 27. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:1	58
Figura 28. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:5.....	59
Figura 29. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:10.....	59
Figura 30. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:1	60
Figura 31. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:5.....	61
Figura 32. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:10.....	61
Figura 33. Producción de cacao, maíz y banano en la provincia de Manabí (2016, 2017, 2018)	63
Figura 34. Correlaciones canónicas para el extracto de la dilución 1:1	71
Figura 35. Gráficos de dispersión de variables e individuos en el extracto de la dilución 1:1	72
Figura 36. Correlaciones canónicas para el extracto de la dilución 1:5.....	73
Figura 37. Gráficos de dispersión de variables e individuos en el extracto de la dilución 1:5	73
Figura 38. Correlaciones canónicas para la extracción de la dilución 1:10	75
Figura 39. Gráficos de dispersión de variables e individuos en el extracto de la dilución 1:10	75

RESUMEN

En la actualidad, las represas se construyen para producir beneficios a los seres humanos, sin embargo, se generan consecuencias desfavorables o impactos ambientales negativos que deben ser prevenidos, mitigados, corregidos o compensados de manera significativa de acuerdo con la legislación vigente. Ecuador cuenta con escasa información sobre las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, no cuenta con un mapa de fertilidad de suelos; por ello el objetivo de esta investigación se fundamentó en la elaboración de un Plan de Manejo de Suelo ubicado en el sector de las presas Simbocal y Río Grande para mejorar sus condiciones ambientales y caracterizar mediante un muestreo, los parámetros físicos y químicos que ayudaron a conocer la calidad del suelo, además, se realizó un análisis de productividad del suelo a través de anuarios obtenidos del MAGAP y otras investigaciones para conocer el nivel de fertilidad. En cuanto a los resultados, se evidenció que los suelos de la zona de estudio corresponden a un tipo arcilloso de acuerdo a los valores de la densidad aparente; presenta un pH neutro por lo que se le considera como de buena calidad agrícola y tiene baja movilidad de los elementos tóxicos; con respecto a los nutrientes no presentan una suficiente cantidad de nutrientes. A pesar de que se obtuvieron buenos resultados es importante la elaboración de un Plan de Manejo de Suelos para prevenir los diferentes impactos ambientales ocasionados por las actividades antrópicas y los diferentes problemas en los suelos por la acción de las represas.

PALABRAS CLAVES

- **FERTILIDAD**
- **CARACTERIZACIÓN**
- **PLAN DE MANEJO DE SUELOS**
- **REPRESAS.**

ABSTRACT

At present, dams are built to produce benefits for human beings, however, unfavorable consequences or negative environmental impacts are generated that must be prevented, mitigated, corrected or compensated in a significant manner in accordance with current legislation. Ecuador has little information on the physicochemical and biological characteristics of the soil, does not have a soil fertility map; therefore the objective of this research was based on the development of a Soil Management Plan located in the area of the Simbocal and Rio Grande dams by characterization to improve their environmental conditions and to determine by means of a sampling the physical and chemical parameters that helped to know the quality, in addition, an analysis of soil productivity was carried out through yearbooks obtained from MAGAP and other research to know the level of fertility. Regarding the results, it was evidenced that the soils of the study area correspond to a clay type according to the values of the apparent density; presents a neutral pH reason why it is considered as of good agricultural quality and has low mobility of the toxic elements; with respect to nutrients they do not have a sufficient amount of nutrients. Although good results were obtained, it is important to prepare a Soil Management Plan to prevent the different environmental impacts caused by anthropogenic activities and the different problems in the soils caused by the action of the dams.

KEY WORDS

- **FERTILITY**
- **CHARACTERIZATION**
- **SOIL MANAGEMENT PLAN**
- **DAMS**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El propósito principal de una represa puede definirse como el retener y almacenar agua de forma segura; esto sería si se lo ve únicamente desde un punto de vista técnico, pero su función en realidad va mucho más allá, abarcando el ámbito de desarrollo social y económico, no solo de una provincia sino de un país (León, 2014).

Las represas se construyen para producir beneficios o impactos positivos, aun así, se generan consecuencias desfavorables o impactos ambientales negativos que deben ser prevenidos, mitigados, corregidos o compensados de manera significativa de acuerdo con la legislación que en muchos países, regula los estudios de impacto ambiental previos a la fase de construcción, los cuales se conocen como estudios ex – ante (Burbano, 2017).

El área de influencia de una represa envuelve no sólo sus alrededores y el dique, sino, además, la cuenca del río, aguas abajo de la represa. Hay impactos ambientales directos asociados con la construcción de la represa, pero los impactos más importantes son el resultado del embalse del agua, la inundación de la tierra para formar el reservorio, y la alteración del caudal de agua, aguas abajo de la represa; estos efectos tienen impactos directos en los suelos, la vegetación, la fauna, el clima y la población humana del área (Andrade & Olaya, 2017).

Las represas de control de aguas salinas son aquellas cuya finalidad es la de controlar el ingreso de agua de los brazos de mar que pueden ingresar a los cuerpos hídricos de agua dulce. De esta manera, se mantiene la calidad del agua que es usada en su mayoría para el riego de

cultivos, debido a que las sales afectan la productividad del suelo (Orozco, Flores, & Chavez, 2013).

Existen efectos indirectos asociados con la construcción, el mantenimiento y el funcionamiento de la represa y el desarrollo de las actividades agrícolas, industriales o municipales que posibilita la fuente de agua embalsada de la represa.

La represa Simbocal se construye para detener el ascenso de las aguas salinas hacia las aguas dulces, por otro lado, se construye la presa Propósito Múltiple Chone para evitar inundaciones y dotar de agua potable y riego a la población. Existe una zona delimitada por las dos represas en donde el ciclo natural de los cauces se ha interrumpido ¿Qué paso en los suelos desde el punto de vista de la salinidad y la fertilidad por la construcción de las dos represas? Eso se contestará con este trabajo.

1.1. Planteamiento del problema

El suelo es un recurso natural muy importante por su función de soporte mecánico y fuente de nutrientes. Las interacciones antropogénicas son fuentes de degradación y contaminación del suelo. En Ecuador existen varias actividades económicas con potencial de contaminar el suelo, tales como la actividad forestal, agrícola y minera. En especial la actividad minera, produce varios impactos ambientales por la gran cantidad de residuos generados en el proceso (Silva & Correa, 2009).

Cabe recalcar que el Ecuador se caracteriza por la gran variedad y la riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se puede destacar en particular la presencia de suelos volcánicos con un potencial agrícola elevado y una amplia gama de climas sobre distancias cortas. Muy temprano, el hombre supo aprovechar estas condiciones favorables y desarrollar una agricultura

florecente que se distingue por sus producciones de una notable diversidad donde se alternan productos tropicales y de clima templado (De Noni & Trujillo, 2010).

Sin embargo, poco a poco la erosión ha venido afectando a los suelos agrícolas. En forma general, este aspecto ha sido descuidado por el hombre principalmente a partir de la conquista hispánica, sea por despreocupación frente a la abundancia de los recursos naturales, sea por la falta de experiencia en materia de conservación; el equilibrio morfo dinámico del país, frágil en condiciones naturales a causa de la agresividad climática y de la topografía general accidentada, ha sido y sigue siendo cada vez más frecuentemente roto por el impacto agrícola del hombre (López, 2017).

En la actualidad, la erosión se singulariza por tener un papel de primer orden en la degradación de los recursos naturales renovables. Por ejemplo, en el callejón interandino, la erosión se ha convertido, desgraciadamente, en uno de los componentes principales del paisaje. Es común observar la yuxtaposición de paisajes distintos cuyo factor común está compuesto por las huellas de la erosión: paisajes abandonados por desaparición de la capa arable, paisajes cultivados en curso de erosión por aclaramiento de los colores del suelo y formación de surcos y quebradillas, paisajes verdes de los pastos que a pesar de una buena protección vegetal se encuentran ya bien marcados por el sobre pisoteo de los animales (López, 2017).

Hay que mencionar, además que el suelo es uno de los factores determinantes en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por lo tanto, para obtener buenos rendimientos es necesario acondicionarlo de forma que proporcione a la planta los nutrientes necesarios (Burbano, 2017).

Dado que el suelo es un recurso que tarda cientos de años en formarse se debe considerar como el factor más importante en la producción agrícola. Es el ente principal donde se desarrolla

vida vegetal, por tal motivo, es necesario realizar la caracterización, para conocer sus propiedades físicas, químicas con el fin de adoptar las mejores alternativas y elaborar adecuados planes de fertilización (Yáñez, y otros, 2017).

En la Región Costa de Ecuador el 33,8% de las tierras están dedicadas a pastos cultivados, el 20,3% a cultivos permanentes y el 11,6% a cultivos transitorios y barbecho. Esta región se destaca por la producción de cultivos de banano, café, cacao y arroz, los cuales predominan por las condiciones de clima y suelo, la producción de estos cultivos es baja comparada con otros países (INEC, 2017).

Otro de los problemas que afecta a los cultivos comerciales del Ecuador es la salinidad que causa la reducción del número de hojas, el crecimiento y rendimiento productivo de los cultivos y el deterioro de los suelos física y químicamente. Las principales zonas de producción del Ecuador son las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena, de las cuales las más afectadas por la salinización de los suelos son zonas de la provincia de Santa Elena y parte de la provincia del Guayas, además de otros sectores de la costa ecuatoriana. En Manabí el excesivo manejo agrícola, ha contribuido en gran manera a incrementar la salinización de los suelos. Un suelo deteriorado jamás regresará a su estado natural inicial (Barriga, 2003).

Así mismo, la erosión y desertificación del suelo es un problema que viene afectando al Ecuador por muchos años, en la actualidad aproximadamente el 47,9 % de la superficie del país posee problemas de erosión, la tasa de deforestación anual es una de las más altas en Latinoamérica, corresponde al 2,3 % anual provocando que la cubierta vegetal original haya desaparecido en un 36 % principalmente en la Costa, lo que ha provocado la alteración del clima y fenómenos como la sequía. Las provincias más afectadas con problemas de desertificación y

sequía son Loja, Manabí y Chimborazo; las mismas que a su vez presentan los índices más altos de pobreza en el país (Ministerio del Ambiente, 2018).

De ahí que los modelos de gestión del suelo se fundamentan en procesos permanentes y de aproximaciones sucesivas en el cual diversos actores públicos, privados y de la sociedad civil desarrollan un conjunto de esfuerzos específicos con el propósito de preservar, restaurar, conservar y utilizar de manera sustentable el recurso suelo (Chapalba, 2016).

1.2. Formulación del problema a resolver

¿Cuál es el nivel de afectación en cuanto a fertilidad y salinidad de los suelos de la zona comprendida entre las represas Simbocal y multipropósito Chone?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Elaborar un Plan de Manejo de Suelo del sector de las represas Simbocal y Río Grande mediante la caracterización del mismo para mejorar las condiciones ambientales del suelo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros físico químicos del suelo (pH, sodio elemental, potasio elemental, conductividad eléctrica, materia orgánica), por medio de análisis de laboratorio aplicando la metodología NOM-021, APHA y de la EPA, en el sector de las represas Simbocal y Río Grande, para determinar la calidad ambiental del mismo.
- Realizar un análisis de producción agrícola de los últimos 3 años, en los sectores aledaños a las represas Simbocal y Río Grande mediante el Sistema de Información de Producción Agrícola (SIPA), determinando los principales cultivos producidos.

- Elaborar los mapas relacionados a la productividad del suelo mediante el programa ArcGis para comprender el nivel de afectación del suelo.
- Elaborar un Plan de Manejo de Suelo mediante la caracterización del suelo para prevenir, mitigar, controlar los impactos ambientales negativos, encontrados en los suelos analizados en el sector de las represas Simbocal y Río Grande.
- Socializar los resultados obtenidos en esta investigación, con el uso de lenguaje social, a las comunidades más cercanas a la zona de estudio y concernientes al sector productivo; esto con el fin de informar la situación actual con respecto a la calidad del suelo, ya que los resultados a obtenerse permitirán conocer los principales problemas de la zona.

1.4. Justificación, importancia y alcance del proyecto

Este estudio se basa en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, concretamente en el objetivo 12 el cual es “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”; mientras que, el objetivo principal de la investigación es realizar el levantamiento de información, caracterización y plan de manejo de suelos del sector de las represas Simbocal y Río Grande.

Por otra parte en el Plan Nacional de Desarrollo (2017) se menciona que uno de los objetivos es garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, el mismo que se enfoca en la protección y el cuidado de las reservas naturales y de los ecosistemas frágiles y amenazados, debido a que es un tema de preocupación actual. Se destaca, incluso, que frente a aquellas consecuencias ambientales que son producto de la intervención del ser humano, es necesario un marco de bioética, bioeconomía y bioconocimiento para el desarrollo; es decir, la investigación y generación de conocimiento de los recursos del Ecuador.

En la actualidad existe un mayor interés en la conservación del medioambiente, es así, que se prohíbe descargar aguas residuales sin sujetarse a las correspondientes normas y regulaciones vigentes, a las redes de alcantarillado, en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos las aguas residuales que contengan contaminación que sean nocivas a la salud humana, a la fauna y a las propiedades del suelo (Villamil, 2017).

Además, en las últimas décadas se ha hecho más evidente que el crecimiento urbano, y en general, las actividades humanas provocan un desequilibrio en la ecología; de tal forma, que se vuelve más difícil que los cultivos se desarrollen y se obtengan buenas cosechas (Jiménez, 2017).

Es así que para un manejo adecuado del suelo es necesario conocer las cantidades de los diferentes minerales (nutrientes inorgánicos) que éste contiene, para así fertilizar los terrenos de manera adecuada y compensar la degradación ocasionada por la erosión y la presencia de las represas Simbocal y Río Grande. Debido a esto, es que se incursiona en la implementación de métodos para levantamiento de información y caracterización de suelos, con miras a brindar apoyo al sector productivo.

Es de todos conocidos la importancia de las represas en aquellas zonas donde la pluviometría no permite satisfacer la demanda de agua de la población, tanto para su supervivencia como para su desarrollo y calidad de vida. Sin embargo, estas obras pueden ocasionar daños irreversibles al entorno y malograr el desarrollo sostenible de la región (Pizarro & Sosa, 2016).

Con gran frecuencia además de las actuaciones intrínsecas de las represas aparecen algunas actividades que nacen como consecuencia de encontrar condiciones idóneas para la nueva situación y que se denominan inducidas. Entre ellas pueden encontrarse: el desarrollo recreativo del suelo, la construcción de urbanizaciones de baja densidad, la puesta en regadío de algunos

terrenos, líneas de conducción de energía eléctrica y las repoblaciones forestales entre las más importantes (Impactos Ambientales de las Represas Alrededor del Mundo, 2017).

1.5. Hipótesis o Interrogante

La fertilidad y salinidad de los suelos en la zona de las represas Simbocal y Río Grande se han visto afectadas por las actividades antrópicas realizadas por el ser humano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Legal

- Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial 449, del 20 de octubre del 2008. Título II Derechos. Capítulo segundo - Derechos del buen vivir. Sección segunda Ambiente sano. Capítulo segundo - Biodiversidad y recursos naturales. Sección primera – Naturaleza y ambiente.
- En el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI: Calidad Ambiental
- En cumplimiento del objetivo 12 para el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”.

La constitución del Ecuador establecida en el (2014) manifiesta cuatro artículos relacionados con el tema a investigar:

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: Literal 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores

responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

Literal 2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los

Literal 3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. Por otra parte, existe la Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, la cual afirma:

Art. 1.- La Ley para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad tiene por objeto proteger, conservar, restaurar la biodiversidad y regular e impulsar su utilización sustentable; establece los principios generales y normas para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad y sus servicios, el acceso a los recursos genéticos, la bioseguridad, la rehabilitación y restauración de ecosistemas degradados y la recuperación de especies en extinción, y los mecanismos de protección de los derechos sobre la biodiversidad en materia administrativa, civil y penal.

Art. 2.- Para efectos de esta Ley, se entenderá por biodiversidad o diversidad biológica a la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente y los derivados de los mismos, incluidos: los ecosistemas terrestres y marinos, otros ecosistemas acuáticos y, los complejos ecológicos de

los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre ellos y de los ecosistemas. La biodiversidad ecuatoriana además comprende las especies migratorias que por causas naturales se encuentren en el territorio nacional. La biodiversidad constituye la base del capital natural del país, capaz de proporcionar un flujo constante de bienes y servicios, cuya conservación y utilización sustentable permitan satisfacer las necesidades humanas y garantizar el sustento y la salud de la población (Constitución de la Republica del Ecuador, 2014).

2.2 Marco epistemológico

2.2.1 El suelo

La palabra suelo procede del término latín “Solum” que representa tierra sólida, las primeras investigaciones acerca del suelo son del siglo XIX en el Instituto Geográfico Ruso, donde se efectuó varios estudios, en los cuales se examinaba por primera vez que los suelos están estructurados por varias capas. Luego se declaró la correlación que existe entre los factores ambientales (vegetación y clima) y las propiedades de los suelos. Las ciencias delegadas de experimentar al suelo se nombran como ciencias del suelo, entre las que se diferencia la Edafología, esta última estudia la constitución, formación, funciones, y el contexto que le envuelve (Silva, Colmenares, & Álvarez, 2017).

El recurso suelo compone el 29 % de la extensión del mundo y se concreta como un sistema poroso desarrollado en el plano terrestre mediante la meteorización durante extensas etapas, contribuidos por los fenómenos hidrológicos, geológicos y biológicos (Morocho, Villanuevo, & Soriano, 2017).

En efecto, los suelos se conciben como medios multicomponentes, abiertos y biogeoquímicos, expuestos a los flujos de energía y masa con el ambiente, la hidrósfera y biósfera, su estructura es

crecidamente versátil; siendo este un medio dinámico de 3 elementos: organismos, detritos y partículas minerales que se nutren del suelo (Silva, Colmenares, & Álvarez, 2017).

En el suelo existe un gran número de microorganismos (actinomicetos, bacterias, algas, protozoos y hongos) estos pueden ser provechosos, para rescatar el mismo, en el caso de contaminarse, por tal motivo es importante conocer las particularidades del suelo a nivel biológico, tomando en cuenta su estructura, permeabilidad, porosidad y química (Morocho, Villanuevo, & Soriano, 2017).

Mediante el análisis de parámetros como pH, conductividad eléctrica, humedad, contenido de materia orgánica del suelo; se puede realizar la caracterización del mismo (Viera, y otros, 2018).

2.2.2 Funciones del suelo

Se conoce como funciones del suelo a aquellas que brinda en su forma natural al medio ambiente. Existen al menos seis usos principales del suelo y de la tierra, los cuales se relacionan con la degradación del mismo: la producción de biomasa, la cual asegura la suplencia de alimentos, forraje, fibras, materia prima; una función básica para la vida humana y animal (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016)

Otro de los usos del suelo es como filtro, amortiguador y transformador de compuestos adversos entre la atmósfera, el agua subterránea y las raíces de las plantas. El suelo es usado como hábitat biológico, por lo cual, se constituye en una reserva de genes, ya que una gran variedad de organismos vive sobre y/o dentro del suelo; por lo tanto su uso influencia directamente la biodiversidad, la cual es otro importante factor para la vida humana (Jiménez, 2017).

De lo anteriormente expuesto, se puede decir que la calidad del suelo debe interpretarse como la utilidad que tiene para un propósito específico en una escala amplia de tiempo, está relacionada con las funciones del suelo: (1) impulsar la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas y químicas; (2) atenuar contaminantes ambientales y (3) favorecer la salud de los seres vivos. De tal forma, que el suelo es el soporte fundamental para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo (Bautista , Etchevers, Castillo, & Gutiérrez, 2014).

Los suelos como conjunto de cuerpos naturales independientes y la variedad de usos a que son sometidos, han sido clasificados tomando en cuenta diversos criterios y con diferentes propósitos. Los primeros sistemas de clasificación de suelos fueron muy simples y prácticos; sin embargo, al incrementar la tecnificación de la agricultura los sistemas de clasificación se tornan más organizados y con bases científicas más sólidas (Carrera, 2012).

2.2.3 Características de los suelos

La textura está relacionada con la proporción de partículas minerales de diferente tamaño presentes en el suelo. Estas partículas se clasifican por tamaño en cuatro grupos:

- Fragmentos rocosos: diámetro superior a 2 mm, y son piedras, grava y cascajo.
- Arena: diámetro entre 0,05 a 2 mm. Puede ser gruesa, fina y muy fina.
- Limo: diámetro entre 0,002 y 0,05 mm. Al tacto es como la harina o el talco, y tiene alta capacidad de retención de agua.
- Arcilla: diámetro inferior a 0,002 mm. Al ser humedecida es plástica y pegajosa; cuando seca forma terrones duros (Fabelo, 2016).

2.2.3.1 Características físicas del suelo

El suelo tiene diferentes características físicas como la textura y la porosidad; su estructura está compuesta por partículas, las cuales pueden agregarse y junto con la materia orgánica dar lugar a gránulos; tanto los gránulos como las partículas, al igual que la rotura de rocas y minerales, dan lugar a la textura. Para analizar este parámetro, se pueden llevar a cabo operaciones unitarias sencillas como el tamizado, método que permite separar las partículas del suelo de acuerdo a su diámetro. La grava está compuesta por las partículas más grandes, las partículas medianas se clasifican como arena, y las partículas más pequeñas vienen a ser las arcillas y el limo (Hernández, y otros, 2017)

La porosidad es otra característica importante del suelo, y se define como la porción del volumen del suelo que no está siendo ocupada, La textura y la estructura determinan el nivel de interconexión de partículas, influyendo así directamente sobre la porosidad (Hernández, y otros, 2017)

2.2.3.2 Características químicas del suelo

Existen propiedades químicas del suelo como la conductividad eléctrica (CE) y el pH; la CE es una medida de la capacidad del suelo para conducir electricidad, debido a la presencia de sales. El pH se refiere a la cantidad de iones hidronios presentes en el suelo, en caso de que estos iones estén presentes en gran número el resultado será un pH bajo o ácido, mientras que si hay escasez de hidronios se obtendrá un pH alto o alcalino. Adicionalmente, en el suelo se pueden encontrar una amplia gama de minerales y compuestos químicos que le confieren características únicas a este elemento (Díaz, Herrera, & Prada, 2018)

2.2.4 Desertificación y erosión del suelo

La erosión puede ser definida, de forma amplia, como un proceso de arrastre del suelo por acción del agua o del viento; o como un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas causado por el agua y el viento (Alonso, Torralba, Cermeño, & Barbero, 2016). Esto implica la existencia de dos elementos que participan en el proceso: uno pasivo que es el suelo, y uno activo que es el agua, el viento, o su participación alterna; la vegetación por su parte actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos.

Por otra parte, desde la perspectiva geológica y de formación del paisaje, la erosión es entendida como parte del proceso de morfogénesis a través del cual se alteran y moldean las formas terrestres. Desde este punto de vista, la configuración que hoy se tiene de la superficie de la tierra, se debe a los procesos continuos de agravación y degradación que, en tiempo geológico, han moldeado la superficie. Estos procesos geomorfológicos están relacionados con factores internos (litología, estructura, tectónica, volcanismo y topografía) y externos (clima: temperatura y precipitación; organismos; y acción antrópica) (Alonso, Torralba, Cermeño, & Barbero, 2016).

La erosión es un proceso de degradación que afecta la capacidad productiva del suelo, tradicionalmente se la ha valorado en términos de toneladas de suelo perdido por hectárea por año, sin embargo, también existen determinaciones más cualitativas de la erosión que permiten evaluar la pérdida de productividad del suelo y las consecuencias para el agricultor. Algunas vías para esta evaluación pueden ser por ejemplo la valoración de la pérdida de superficie cultivable, evaluación de la dinámica de nutrientes por medio de análisis de suelos, niveles de aplicación de insumos para la producción y evaluación de rendimientos o seguir la dinámica del grosor del horizonte (Saturnino, Álcazar, & Cermeño, 2017).

Considerando el aumento de población mundial la degradación de los suelos es uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en este momento ya que la tierra es y seguirá siendo en un futuro próximo la base de la producción, por lo que, su demanda cultivable va a ser mucho mayor. Muchos millares de hectáreas dejan de cultivarse cada año por exceso de erosión, salinización, contaminación, anegación, esterilidad, y el potencial productivo básico declina progresivamente hacia la esterilidad (Silva, Colmenares, & Álvarez, 2017).

Es así que el aspecto de pérdidas de nutrientes y de materia orgánica debe ser considerado con especial atención en el caso de los agricultores de escasos recursos que no están en condiciones de realizar la reposición de nutrientes perdidos para mantener el nivel de fertilidad del suelo. En estos casos los rastrojos inadecuados de los cultivos obtenidos en las superficies erosionadas contribuyen poco a la cobertura y a su protección contra la erosión; entonces, la disminución de los contenidos de materia orgánica y de nutrientes se vuelve acelerada (Castelán, López, Tamariz, Linares, & Cruz, 2017)

2.2.5 Erosión hídrica

De acuerdo con Alonso (2016) la erosión se da por el agua lluvia y el impacto que provocan las gotas sobre el suelo desnudo, así como también por la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por el escurrimiento en laderas y taludes.

La erosión se clasifica de la siguiente manera:

a. Saltación pluvial. El impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación y expuesto, ocasiona el desalojo y arrastre del suelo fino. El impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementando la escorrentía.

b. Esguerrimiento superficial difuso. Comprende la erosión laminar sobre laderas desprovistas de vegetación y afectadas por la saltación pluvial, que estimulan el esguerrimiento del agua.

c. Esguerrimiento superficial concentrado. Produce dos formas, los surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), y las cárcavas que son canales o zanjones de mayor magnitud. Cuando el flujo se hace turbulento, la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomados, llamados surcos. Más profundos y anchos que los surcos son las cárcavas, por las que circula agua durante y poco después de los aguaceros (Alonso, Torralba, Cermeño, & Barbero, 2016).

2.2.6 Efecto barrera de las presas

Las represas se construyen para producir beneficios o impactos positivos; pero, aun así, siempre se generan consecuencias desfavorables o impactos negativos que deben ser prevenidos, mitigados, corregidos o compensados de manera significativa de acuerdo con la legislación que en muchos países regula los estudios de impacto ambiental previos a la fase de construcción, los cuales se conocen como estudios ex ante. No obstante, también existen algunos casos de estudios de impacto ambiental que se han realizado después de la fase constructiva, los cuales se conocen con el nombre de estudios ex post (Andrade & Olaya, 2017).

Los impactos de la regulación de caudales se deben al hecho de la construcción de las obras hidráulicas correspondientes, que lógicamente se mantiene durante un tiempo; posteriormente, el tipo de gestión del agua que se aplique y el funcionamiento de toda la infraestructura hidráulica son los que van a determinar la intensidad del impacto (Andrade & Olaya, 2017).

A su vez la creación de una presa implica en primer lugar la transformación de un tramo río en un ecosistema de aguas lenticas, cuyo funcionamiento es intermedio entre un sistema fluvial y uno lacustre (Andrade & Olaya, 2017).

Las represas suponen en primer lugar un obstáculo para la continuidad del río como ecosistema fluvial que impone una separación entre los tramos de aguas arriba y los de agua abajo de la presa; por lo tanto, se considera por separado los efectos en los tramos altos, de tramos aguas abajo; por otra parte, las especies migratorias, cuyo ciclo biológico necesita de la continuidad del río para su tránsito, son especialmente sensibles a estas barreras, por lo que se tratará de forma separada su problemática (Hernández, y otros, 2017).

A continuación, se detallan las características del efecto barrera (Hernández, y otros, 2017) :

- Actúan como una verdadera barrera física para el agua, sus arrastres y toda la biocenosis fluvial.
- Generan un conjunto variable de infraestructuras complementarias (carreteras, caminos, canales, centros de transformación, tendidos eléctricos, edificaciones, sistemas de iluminación, etc.) con grandes efectos nocivos sobre la fauna.
- Reducen drásticamente los caudales máximos aguas abajo.

Al mismo tiempo, las represas son responsables de los siguientes efectos:

- Inundan el cauce y los valles, afectando al territorio, a los ecosistemas fluviales, a sus redes ecológicas y a las redes de comunicaciones e infraestructuras antrópicas.
- Elevan la temperatura del agua, producen una estratificación térmica, aumentan la evaporación y reducen la eficacia de oxigenación, respecto al río natural.

- Incrementan, en ocasiones, el efecto de barrera física (para el río y toda la biocenosis fluvial) de la presa.
- Producen un efecto barrera sobre algunas especies de la fauna terrestre del territorio circundante.
- Facilitan, otras veces, la accesibilidad por el embalse a zonas antes aisladas por carretera.

A la hora de evaluar los posibles impactos de cualquier aprovechamiento hidráulico hay que decir que la intensidad de estos impactos depende en gran medida de cómo y cuándo se realice dicho aprovechamiento. Un primer factor a considerar es la estabilidad geomorfológica del cauce sometido a un régimen de caudales diferentes (en general con avenidas menos frecuentes y de menor intensidad) y una disminución de los acarreos, que quedan atrapados en el vaso del embalse (García , 2015).

Esta inestabilidad del cauce se traduce con frecuencia en una erosión de fondos y orillas que produce sedimentos finos y que son arrastrados por la corriente ocasionando consecuencias nefastas para los organismos acuáticos, mediante el roce continuado de estas partículas con su piel provocando daños y erosiones en la epidermis lo que facilita la entrada de toda clase de patógenos y parásitos. Además afectando especialmente los sistemas respiratorios de estos animales acuáticos al acumularse en sus branquias (García , 2015).

Pero el mayor daño para el ecosistema fluvial se produce cuando los sedimentos finos se depositan, aguas abajo, en el lecho del río, recubriendo todos los sustratos naturales del mismo (gravas, piedras y cantos rodados). Este sustrato natural contiene debajo de su superficie el llamado medio intersticial, constituido por los pequeños volúmenes e intersticios que las piedras

y gravas dejan entre ellas. El medio intersticial es fundamental para la mayoría de las especies animales del río, pues les sirve como depósito seguro de sus huevos y como refugio y criadero para sus larvas y alevines. Los sedimentos de estos materiales finos colmatan el medio intersticial y por lo tanto se pierde su gran capacidad biogénica (Casado, García, Montes, Barcelo, & Menes, 2015).

Desde el punto de vista ecológico, existen ciertos factores, que la regulación de los embalses modifica, y que actúan como los principales controladores del funcionamiento del ecosistema fluvial. Estos son factores son: a) el régimen de caudales que el embalse suelta; b) el régimen térmico de las aguas soltadas; c) la calidad química de las aguas soltadas (Newcombe & Macdonal, 2017).

En términos generales, el normal funcionamiento de los embalses, según los tipos de instalación y sus peculiaridades de gestión y uso, provocará unas características de estos factores, cuyo análisis y valoración podrá evaluar la magnitud de los efectos sobre el tramo aguas abajo (Casado, García, Montes, Barcelo, & Menes, 2015).

La represa Simbocal tiene como finalidad controlar la descarga de las aguas de avenidas hacia el estuario de Chone, evitando el ingreso de aguas saladas hacia las zonas agrícolas en condiciones de marea alta permitiendo la descarga controlada de agua dulce hacia el estuario, controlando su salinidad y posibilitando una notable mejora en la calidad de agua del estuario para fines de utilización por la industria camaronera (León, 2014).

2.2.7 Análisis de suelos

El análisis de suelo es una herramienta de diagnóstico de la fertilidad del mismo, utilizado generalmente para elaborar recomendaciones de fertilización de cultivos agrícolas los cuales toman sus nutrientes del suelo, el agua y el aire, siendo el suelo la principal fuente de los elementos minerales que las plantas necesitan para su crecimiento, desarrollo y producción. La recolección apropiada de una muestra de suelo, es uno de los pasos más importantes del análisis (Hernández, Álvarez, & Ríos, 2017).

El suelo es el medio fisicoquímico en el que se desarrolla la vida para la mayoría de ecosistemas terrestres, es un componente ambiental que no puede ser aislado del entorno que lo circunda, es frágil, de difícil recuperación y de extensión limitada; su uso inadecuado, y el cambio de usos o su sobreexplotación por diversas actividades, pueden contribuir a la degradación de este recurso natural no renovable (Sandoval, Cortéz, Reyes, & Hernández, 2017).

Además, es soporte y almacén de sustancias nutritivas para organismos terrestres y está constituido por un sistema trifásico sólido/líquido/gaseoso; el contenido y disposición de las partículas minerales y orgánicas permiten una estructura donde tienen lugar procesos de naturaleza física, química y biológica. La combinación adecuada de los diferentes componentes del suelo y la ausencia de procesos interferentes hace posible que sea el medio para el desarrollo de organismos vivos (Hernández, Álvarez, & Ríos, 2017).

El suelo se encuentra en la parte superficial de la corteza terrestre y proviene de la alteración física y química de las rocas y de los residuos de los seres vivos, es un sistema vital y de gran importancia y su función primordial es la base para la producción de biomasa, actúa filtrando, amortiguando y transformando compuestos que contaminan el medio ambiente y protegiendo a la cadena alimenticia y el agua subterránea (Silva, Colmenares, & Álvarez, 2017).

En Ecuador los suelos, según su origen, son divididos en tres grandes grupos: aluviales que se forman mediante sedimentos jóvenes; el medio Fulvio marino; y el medio fluvial. Lo que son desarrollados sobre cenizas volcánicas tienen una superficie territorial del 30% de Ecuador, los cuales se les denomina evolucionados y son aptos para el desarrollo de la agricultura (INEC, 2017).

Los suelos están expuestos a diversos procesos de degradación, algunos de ellos están directamente ligados a la agricultura: erosión causada por el agua, el viento y el laboreo; compactación; disminución del contenido de carbono orgánico en el suelo y de la diversidad biológica del suelo; salinización, sodificación, y contaminación (por metales pesados y plaguicidas o por exceso de nitratos y fosfatos), los cuales causan contaminación al medio ambiente (Sandoval, Cortéz, Reyes, & Hernández, 2017).

Según Molina y Meléndez (2015) el análisis del suelo es una herramienta muy útil para poder diagnosticar los problemas nutricionales que sufre por diversas condiciones, logrando establecer medidas para lograr un manejo sustentable de este recurso; por medio de los análisis es posible conocer la cantidad y disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Molina y Meléndez (2015) desarrollaron una guía para poder realizar la interpretación de análisis de suelos, la cual contiene valores referenciales de cada nutriente, clasificándolos como bajo, medio, óptimo o alto.

En la siguiente tabla se presenta una guía general para la interpretación de análisis de suelos.

Tabla 1.

Guía general para la interpretación de suelos.

PARÁMETRO	UNIDAD	BAJO	MEDIO	ÓPTIMO	ALTO
pH		< 5	5 - 6	6 - 7	> 7



Ca	cmol/L	< 4	4 – 6	6 - 15	> 15
Mg	cmol/L	< 2	1 – 3	3 - 6	> 6
K	cmol/L	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 0.8	> 0.8
Acidez	cmol/L	---	0.3 – 1	< 0.3	> 1
Humedad	%	---	10 - 30	< 10	> 30
P	mg/L	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
Fe	mg/L	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
Cu	mg/L	< 0.5	0.5 - 1	1 - 20	> 20
Zn	mg/L	< 0.2	2 - 3	3 - 10	> 10
Mn	mg/L	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
B	mg/L	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1	> 1
S	mg/L	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
M.O	%	< 2	2 - 5	5 - 10	> 10
Relaciones		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
Catiónicas		2 - 5	5 - 25	2.5 - 15	10 – 40

Fuente: Molina & Meléndez (2015)

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Suelo

Es la capa más superficial de la corteza, es dinámica (constante cambio) y de escaso grosor (normalmente de pocos centímetros a pocos metros) en la que se asienta la vida y actúa de interfase de la atmósfera, hidrosfera, geosfera y biosfera, ya que contiene elementos de todas ellas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016).

2.3.2 Erosión de suelos

La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (Fricción o cohesión) del suelo generándose el proceso de erosión (Almorox, López, & Rafaelli, 2016).

2.3.3 Contaminación del suelo

Los suelos tienen propiedades físicas y químicas muy diferentes, pero además están sometidos a distintas variaciones en la humedad, el pH y las condiciones redox. El problema es que cuando un espacio se encuentra contaminado afecta a varios medios como el aire, las aguas superficiales, las aguas subterráneas, el suelo y los receptores potenciales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016).

2.3.4 Condiciones físicas del suelo

Puede definirse como un agregado natural de granos minerales que pueden ser separados por medios mecánicos suaves como la agitación de agua, pero de tal naturaleza y, tan dinámico que puede adquirir ciertas propiedades físicas, químicas y biológicas, dependiendo de los elementos que actúen sobre él (Barbosa, 2015).

2.3.5 Estudio de suelos

Se refiere al estudio de una región o área determinada a nivel general, semidetallado o detallado, que examina sistemáticamente los suelos en el campo y laboratorio para clasificarlos de acuerdo a un sistema taxonómico definido, cartografiar las diferentes clases e interpretar el uso y manejo de acuerdo con su comportamiento (Almorox, López, & Rafaelli, 2016).

2.3.6 Mapa de suelo

La geoestadística se define como el estudio de fenómenos regionalizados, es decir, que se extienden en el espacio y presentan una cierta continuidad. De tal forma, que se entiende por “espacio” el espacio geográfico, pero también puede tratarse del eje temporal o de espacios más abstractos (Emery, 2013).

Además, se refiere al conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para el estudio de variables numéricas distribuidas en el espacio. En el campo de las ciencias ambientales, espaciales y ciencias de la tierra, tiende a adolecer de una referencia básica que permita relacionar las medidas obtenidas con una localización en el espacio (González, Guerra, & Gómez, 2006).

La forma de representar la distribución de los suelos en un área determinada; consta de polígonos con un límite preciso, cada uno etiquetado con un nombre y descrito posteriormente en la leyenda explicativa, así como los puntos que muestran los sitios de muestreo en el terreno para cada suelo identificado (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016).

2.3.7 Muestra simple (submuestra)

La muestra colectada en un tiempo y en un lugar particular es llamada muestra simple. Esta representa las condiciones puntuales de la población en el tiempo que fue colectada (Barbosa, 2015).

2.3.8 Muestra compuesta

Es aquella constituida por un conjunto de muestras simples (submuestras), convenientemente mezcladas, las cuales son llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El número de

submuestras depende de la variabilidad del suelo en estudio, y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número a analizar (Barbosa, 2015).

2.3.9 Muestra a profundidad

Es la muestra obtenida de los horizontes de suelo o capas del suelo en donde se ubica (Almorox, López, & Rafaelli, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

Las represas Río Grande y Simbocal se asientan en el cantón Chone que pertenece a la provincia de Manabí. Aproximadamente el 60% de la población del área rural de esta zona se dedica a actividades relacionadas con la agricultura (GADM Chone, 2014).

El relieve de la zona está caracterizada por la presencia de una cordillera de baja altura ubicada en la parte central de la provincia de Manabí, que se desarrolla en dirección Norte-Sur, y tiene terrazas muy disectadas, con pendientes abruptas y zonas de valles localizados, hasta el nivel del mar en la desembocadura del Río Chone en el Océano Pacífico (León, 2014).

La represa Río Grande está construida a 200 m aguas abajo de Boca de Platanales, sitio de confluencia de los ríos Grande y Platanales. El eje de presa se encuentra entre las coordenadas 9°922.760N y 612.727E; y, 9°922.778N y 612.980E. La presa controla las escorrentías de un área de drenaje de 158.3 km² con almacenamiento temporal de crecientes de hasta 100 años de recurrencia, sin producir derrames sobre la coronación de la misma. La inundación cubriría una superficie de 104 ha hasta la cota 34,35 msnm con un volumen de 4,56 Hm³. De la superficie afectada por la inundación máxima se encuentran cultivadas 102 ha (Muñoz & Zambrano, 2016).

Por otro lado, la represa Simbocal se encuentra ubicada 9926307,5 N y 579743,8 E, está constituida por un núcleo impermeable de arcilla compactada y enrocado en sus flancos, tiene una estructura de compuertas de 50 m de longitud aproximadamente. La represa posee una longitud aproximada de 2 km, su altura es de 3,5 m, la cota normal de operación es de 2 metros,

en el caso de grandes avenidas los excesos serán evacuados por arriba de la estructura (Pazmiño & Rodríguez, 2017).

Las condiciones climáticas de esta zona, se caracterizan por ser muy ponderadas, con precipitaciones anuales mayores a los 3500 mm y menores a los 500 mm en otros. La temperatura media de la región es de alrededor 25 °C y la humedad relativa está en el orden del 85% (Carrera, Guevara, & Gualichicomín, 2014).

Los suelos de esta región son de origen volcánico, conformando el zócalo de rocas volcánicas (basaltos, diabasas) (Carrera, Guevara, & Gualichicomín, 2014).

A continuación, en las Figuras 1 y 2, se muestra la ubicación de las presas Simbocal y Río Grande.

Descripción Zona de Estudio Presa Simbocal

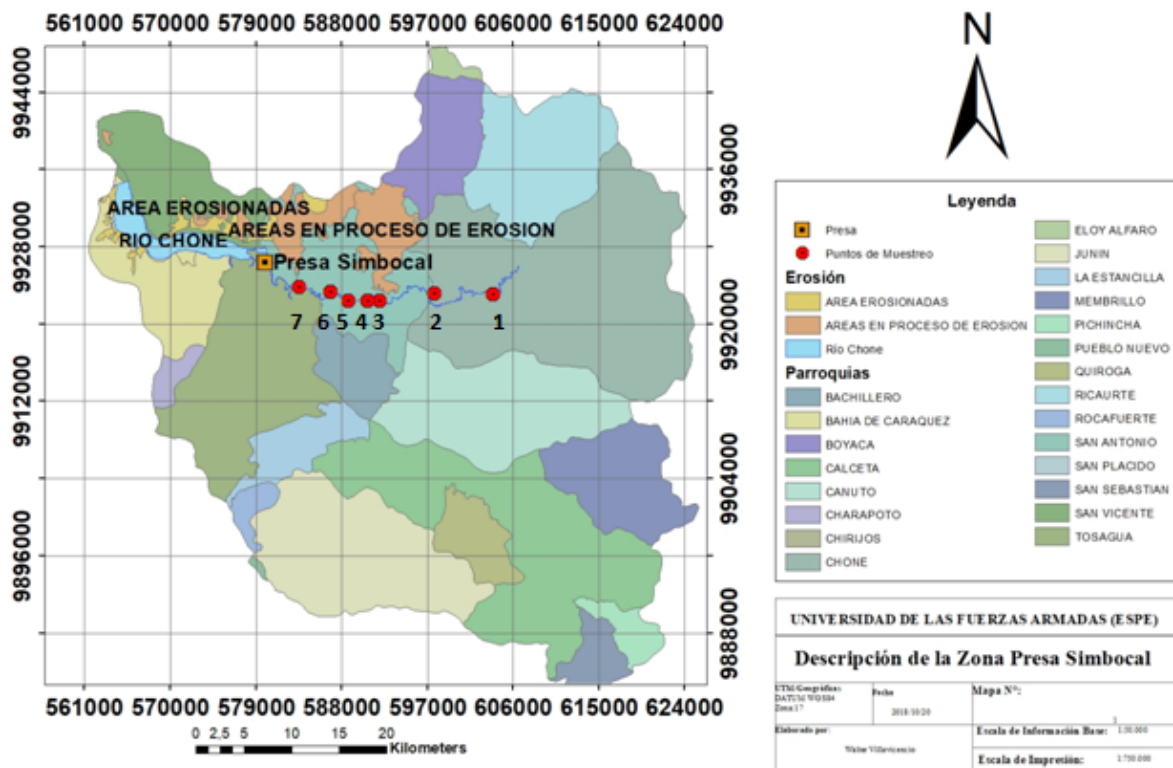


Figura 1. Mapa de ubicación de la Presa Simbocal.

Descripción de la Zona Presa Río Grande

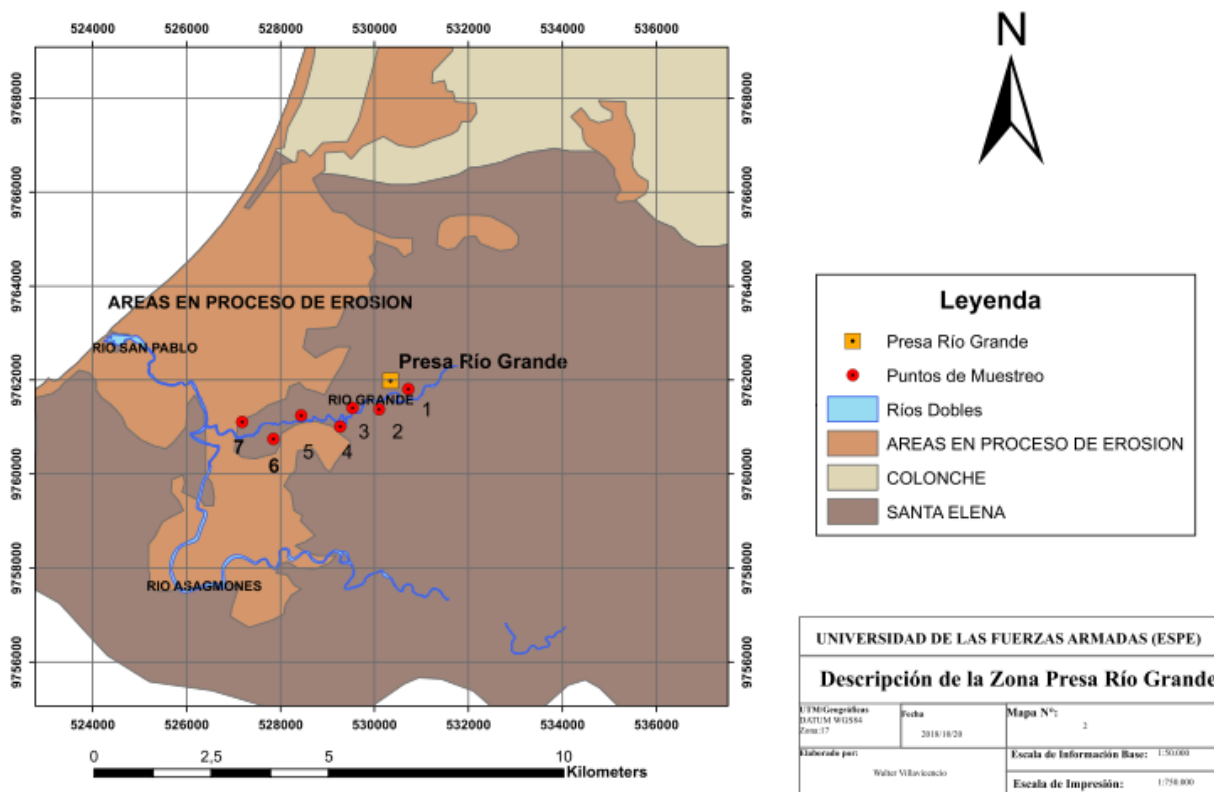


Figura 2. Mapa de ubicación de la Presa Río Grande.

3.2. Muestreo de los perfiles de suelo

Para realizar el respectivo muestreo se estableció una microcuenca utilizando la cartografía en formato shape 1:50000 (IGM, 2017), de tal forma, que se realizaron las curvas de nivel utilizando programa ArcGis 10.3, dando como resultado un área de muestreo de extensión 4553,3 ha entre las represas Río Grande y Simbocal.

El muestreo se fundamentó en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el proceso analítico jerárquico (AHP) de Saaty, método que establece varias probabilidades y ayuda a la toma de decisiones.

La técnica de muestreo se escogió tomando en cuenta las normativas mexicana, española y ecuatoriana; esta técnica debe establecer aspectos como: el área de muestreo, el tipo de muestreo, el número de muestras a recolectar, la profundidad y las determinaciones físicas y químicas.

3.2.1 Proceso analítico jerárquico

Para la selección de las muestras se procedió de la siguiente manera:

- El muestreo se lo realizó en lugares estratégicos y accesibles, se escogieron las variables de pendientes, cuerpos de agua, vías, uso de suelo agrícola y zona antrópica.
- Se estableció una “Matriz de comparaciones pareadas” mediante el cual se compararon por pares las variables empleando los valores de la tabla 2. Se sumó cada columna para obtener el total y su recíproco, lo cual permitió realizar la tabla 3.

Tabla 2.

Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980; citado en Aznar y Guijarro, 2012)

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
Recíprocos de los anteriores	Si el criterio A es de mayor importancia frente al criterio B las notaciones serían las siguientes: Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5	

Tabla 3.

Matriz de comparación por pares entre variables

Variable	Uso-Agrícola	Pendiente	Zona antrópica	Cuerpos de agua	Vías
Uso-agrícola	1	5	3	3	2
Pendiente	1/5	1	3	5	1/5
Zona antrópica	1/3	1/3	1	4	1/3
Cuerpos de agua	1/3	1/5	1/4	1	1/5
Vías	1/2	5	3	5	1
Total	2,37	11,53	10,25	18	3,73
1/Total	0,42	0,09	0,10	0,06	0,27

- Además, se generó una matriz adicional que fue completada con la multiplicación de 1/Total por el valor de juicio; los valores obtenidos se promediaron en fila para obtener el peso de las variables los cuales se observan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Pesos de las variables (Lara, 2019)

Variable	Peso
Uso-agrícola	0,37
Pendiente	0,16
Zona antrópica	0,12
Cuerpos de agua	0,06
Vías	0,30

3.2.2 Álgebra de mapas

A través de la cartografía se obtuvieron las unidades homogéneas y accesibles, como uso de

- Cuerpos de agua: área fuera del buffer = 1 y área dentro del buffer = 0
- Vías: área dentro del buffer = 1 y área fuera del buffer = 0
- Uso-agrícola: área de cultivos = 1 y al resto = 0
- Pendiente: 0-25% = 1 y 25% = 0
- Zona antrópica: área de zona antrópica = 0 y fuera de la zona antrópica = 1

las tierras y sistemas productivos a escala 1:25000 (IEE, 2013). Posteriormente se obtuvo el ráster de las variables de pendiente, uso agrícola y zona antrópica; para cuerpos de agua y vías se realizaron buffers de 20 y 100 m respectivamente. Además, se clasificaron con valores de 0 (restricción) y 1 (óptimo), en donde se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

Finalmente para obtener el álgebra de mapas se multiplicaron las variables clasificadas por su peso utilizando el software ArcGis, proporcionando las posibles áreas homogéneas de muestreo en el área de investigación.

Norma Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. En los literales 6.1 y 6.2 describen los procedimientos de muestreos para determinar fertilidad de los suelos y determinar salinidad, respectivamente. Muestra que se debe obtener una o más muestras representativas dependiendo de la variedad de parámetros a evaluarse. Las unidades de muestreo se subdividen en forma aparentemente homogénea tomando en cuenta textura, pendiente, cultivo, manejo, otros. Las unidades de muestreo pueden tener entre 2 a 8 hectáreas o más dependiendo su homogeneidad. La profundidad de muestreo recomienda la norma de 0 – 20 o 0 – 30 cm y 0 – 5 cm para evaluar la fertilidad y salinidad, respectivamente (DOF, 2002).

Anexo 2 del Texto Unificado de Legislación Ambiental norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. La toma de muestras para caracterización de los suelos establece que se toma una muestra compuesta por cada 100 ha, formada por 15 a 20 submuestras a una profundidad de 0 a 30 cm; o si es el caso de suelos contaminados, el número de muestras se debe tomar en función del área de superficie Ministerio del Ambiente (MAE, 2015).

3.2.3 Técnicas de muestreo

Normativa de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Las muestras deben ser representativas y el número puntos de muestreo deben ser proporcionales al área de estudio, considerando la “distribución espacial homogénea” detallado en el manual práctico del Gobierno Vasco, se debe utilizar la fórmula $n = 5 + A$; donde n es el número de punto de muestreos y A es

la superficie del área de estudio en hectáreas; la profundidad debe ser 1m por debajo de la contaminación estimada (Gobierno Vasco, 2018).

Es importante acotar que la técnica que más se ajusta para el cumplimiento del objetivo fue la NOM-021 RECNAT (Diario Oficial de la Federación: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis., 2002), ya que no solamente se detalla los procedimientos de muestreo sino también los análisis físicos y químicos de fertilidad y salinidad del suelo.

3.2.4 Selección de los perfiles de muestreo

Este estudio se fundamentó en un ejercicio de campo. Para realizar el respectivo análisis de laboratorio se tomó muestras en áreas homogéneas de 2 a 8 ha en las zonas de las presas Simbocal y Río Grande. La muestra se tomó en 7 puntos ubicados en las márgenes del río Chone partiendo desde el sector del Bejuco hasta llegar la represa de Simbocal en donde se tomó una muestra aguas abajo. Se analizó el suelo hasta una profundidad de 1.20 m, tomado muestras en profundidades desde 0 a 0,40 m de 0,40m a 0,80 m y de 0,80 a 1,20 m; las muestras se recolectaron en recipientes acorde a lo que indican las normas para la recolección. Además, se tomó una muestra para realizar el análisis de humedad.

La metodología que se utilizó para el análisis físico y químico del suelo está basada en la Norma Oficial Mexicana (NOM) NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, además, se usó los Métodos Estándares de la APHA, asimismo se aplicó la metodología de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) para el análisis de suelos. Se utilizó esta norma debido a que existe una normativa ecuatoriana realizada por el Ministerio del Ambiente (2015), la reforma del libro VI del texto

unificado de legislación del Ecuador Anexo II, esta norma define los procedimientos de muestreos y monitoreos se deberán realizar a suelos contaminados por derivados de petróleo, es por eso, que no se describen todos los procedimientos y análisis que se necesitaron.

3.3 Determinaciones de laboratorio

A las 7 muestras de suelo se les realizaron los análisis físicos, estos parámetros fueron: humedad, densidad aparente, densidad real y porosidad. Además, se realizó los análisis químicos de los siguientes parámetros: pH, sólidos disueltos, residuo seco calcinado (RSC), sólidos totales, concentración Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+} y conductividad eléctrica ya que es un parámetro que está relacionado de manera directa con el crecimiento de las plantas (Blair, 2007)

Los respectivos análisis físicos y químicos fueron realizados mediante tres relaciones: 1:1, 1:5, 1:10 debido a la concentración de la muestra que debió ser adecuada previo a su análisis.

Tabla 5.

Métodos para el análisis físico-químico.

PARÁMETRO	MÉTODO/EQUIPO	NORMA DE REFERENCIA
Humedad	Gravimétrico	NOM-021-RECNAT-2000
Densidad aparente	Probeta	NOM-021-RECNAT-2000
Densidad real	Picnómetro	NOM-021-RECNAT-2000
Porosidad	-	NOM-021-RECNAT-2000
	Medidor pH portátil, modelo Orion 3-STAR, marca	
pH.	Termoelectric	Medición directa con electrodo
Materia Orgánica	Walkley Black	-
Cationes Solubles (Ca, Mg, Na, K)	Absorción Atómico	NOM-021-RECNAT-2000
Conductividad Eléctrica	Conductivímetro modelo HQ14D, marca Hach	NOM-AA-93-1984

3.4 Clasificación de los perfiles de suelo en base a los parámetros

La densidad aparente de los perfiles de suelo fue clasificada de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (Diario Oficial de la Federación: Norma Oficial Mexicana NOM-021-

SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis., 2002), esto se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6.

Tipos de suelos NOM-021-RECNAT-2000 (2002)

Tipos de suelo	Valor en (g/cm³)
Orgánico y volcánicos	< 1,00
Minerales arcillosos	1,0 – 1,19
Francosos	1,2 – 1,32
Arenosos	> 1,32

Nota: (g/cm³) gramo por centímetro cúbico

En la Tabla 7 se muestra la clasificación de la densidad real relacionada a los valores más comunes de los materiales del suelo.

Tabla 7.

Densidad real modificado de Porta et al. (Edagología Para la Agricultura y el Medio Ambiente, 2003)

Materiales minerales	Valor en (g/cm³)
Minerales de arcilla	2,00 – 2,65
Cuarzo, feldespato	2,50 – 2,60
Minerales con elementos metálicos	4,90 – 5,30
Horizontes minerales	2,60 – 2,75
Horizontes orgánicos	1,10 – 1,40
Horizontes ricos en minerales pesados	2,75

Nota:(g/cm³) gramo por centímetro

cúbico

3.5 Análisis Estadístico

La investigación fue de tipo transversal debido a que las variables se midieron solo en una ocasión en un cierto tiempo y descriptivo ya que el investigador se limita a describir lo que observa.

3.6 Determinación de producción agrícola

Para la determinación de producción agrícola se recolectó información del Ministerio de Agricultura y Ganadería, sobre producción agrícola en el sector de las represas Simbocal y Río Grande pertenecientes al cantón Chone; Con la información obtenida se realizó la curva de crecimiento o decrecimiento de la producción de los últimos 3 y 10 años con el propósito de conocer el nivel de fertilidad de los suelos de la zona investigada.

3.7 Elaboración de mapas

Para realizar los mapas se pidió información de Innovativa ESPE – Grupo de Investigación en Contaminación Ambiental GICA Cartografía del IGM y los datos de la zona se obtuvieron de los mapas: características físicas de la zona Simbocal, Río Grande y puntos de muestreo.

Para la adquisición de la información se utilizaron las técnicas SIG, para lo cual se aplicó el análisis multicriterio, para esto se obtuvo los pesos de cada una de las variables por medio del elemento llamado Saaty. La variable que se manejó es el uso potencial del suelo en los sectores aledaños a las presas Simbocal y Río Grande en las cuales se observó si las muestras son heterogéneas u homogéneas. Una vez obtenida la información en campo se elaboraron los mapas de ubicación de puntos en campo en el programa ArcGis

En base a los mapas de interpolación que se generaron a través de ArcGis, se identificaron las áreas más afectadas en las cuales se establecieron los lineamientos para su prevención y mitigación, los cuales permitirán contribuir con los objetivos de desarrollo sostenible 1 y 2, y las actividades del gobierno que son garantizar la seguridad alimentaria, incremento de la productividad y reducción de la pobreza, mediante la promoción de una agricultura racional y sostenible, e inclusión de la sociedad (FAO, 2015; SENPLADES, 2017).

3.8 Elaboración del plan de manejo

Los programas que crean en el plan de manejo se derivan de la caracterización del área de influencia de las represas de la zona de estudio, específicamente de los componentes físicos y químicos que posee el suelo, para así identificar los impactos generados por la construcción de dichas edificaciones.

El plan de manejo se estructura de acuerdo a las necesidades que se presenta en la zona de influencia, de tal manera que contiene 6 programas en los cuales se identifica el aspecto, el impacto con sus respectivas medidas de prevención y su periodo de realización, que seguirán un cronograma y presupuesto establecido para cada uno de los programas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Parámetros físicos

4.1.1 Humedad

Respecto a la humedad se puede apreciar que la curva de profundidad 120 cm presenta el mayor porcentaje de humedad siendo este de 77%, a comparación de la curva de profundidad 40 cm que presenta porcentaje de humedad menor, entre 38 % a 50%, presentado en la Figura 3, lo que significa que el suelo presenta una alta porción de cantidad de agua contenida en una muestra de suelo con respecto a una muestra seca del mismo, influyendo en la absorción de nutrientes de manera negativa ya que disminuye la concentración de nutriente ya que el agua desplaza al oxígeno convirtiendo un ambiente anaerobio lo cual provoca que los microorganismos consuman otros minerales para cumplir con su ciclo vital (Merino, 2016).

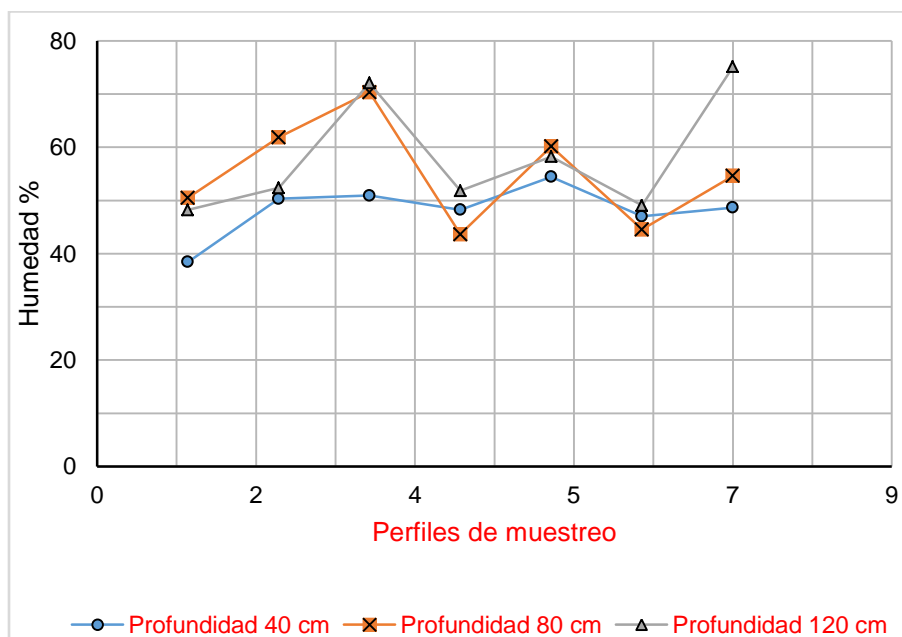


Figura 3. Humedad vs. Perfiles de acuerdo a su profundidad.

4.1.2 Densidad aparente

En la Figura 4 se observa que los valores más altos de densidad aparente se encuentran en la curva de profundidad 80 cm siendo el valor máximo de $1,30 \text{ g/cm}^3$ en el perfil 7, mientras que el valor mínimo que se presenta en la misma curva es de $0,99 \text{ g/cm}^3$ lo que indica que el suelo no presenta dificultades en cuanto a la resistencia mecánica y porosidad; siendo así que la densidad aparente puede variar por la cantidad de materia orgánica presente en el suelo (Rojas, 2012).

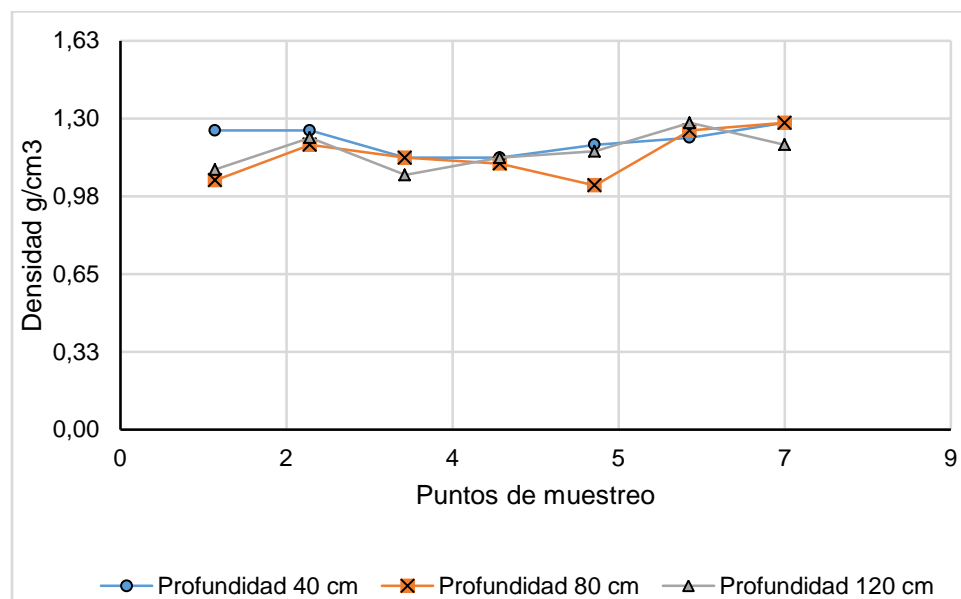


Figura 4. Perfiles densidad aparente

4.1.3 Densidad real

De acuerdo con la Figura 5, los valores de las densidades reales son mayores a los de la densidad aparente, presentando así densidades que varían entre $1,5$ a $2,5 \text{ g/cm}^3$ en la curva de profundidad 40 cm, mientras que para la curva de profundidad 80 cm varían de $1,8$ a $2,4 \text{ g/cm}^3$ y así mismo, en la curva de profundidad 120 cm la densidad real se encuentra en el rango de $1,7$ a

2,1 g/cm³; resultando así que el perfil que presenta altos valores de densidad real es el que corresponde a la profundidad de 40 cm. Resultando en general que en los puntos de muestreo del suelo corresponde al tipo de suelo franco arcilloso.

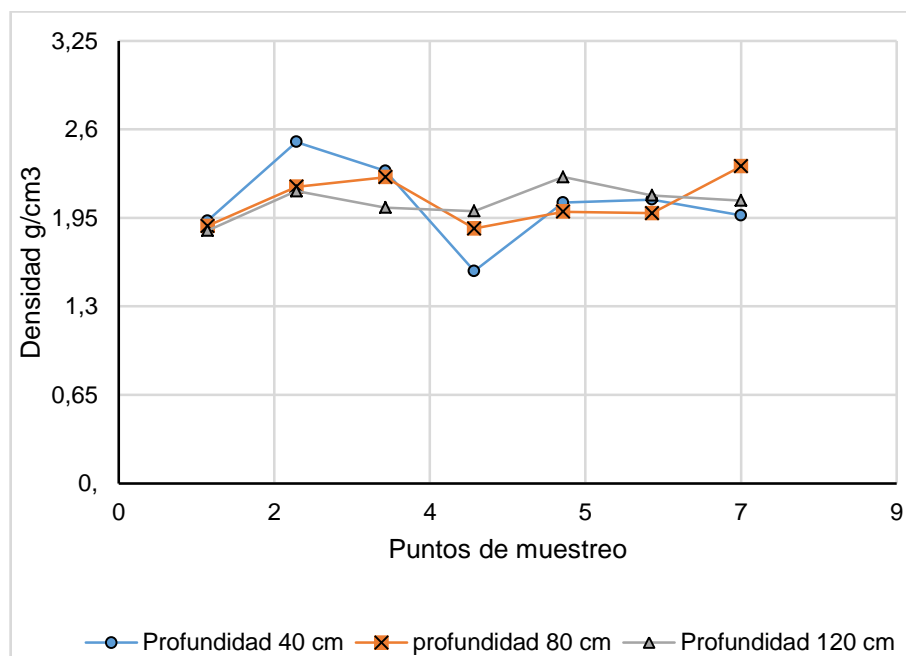


Figura 5. Perfiles densidad real

4.1.4 Porosidad

En la Figura 6 se puede observar que la curva de profundidad 40 cm presenta un valor mínimo de 28% que corresponde al perfil 4 de muestreo, mientras que la curva de profundidad 80 cm presenta porcentaje mínimo de 35 en el perfil 6 de muestreo a diferencia de la curva de profundidad 120 cm en donde se muestra valores altos de porcentaje de porosidad que van de 40 a 49.

Es importante resaltar que la porosidad al ser un conjunto de espacios vacíos que posee en sí la roca está asociada con el porcentaje de sólidos presentes en el suelo, por tanto, a medida que

aumenta el porcentaje de sólidos disminuye el porcentaje de porosidad, presentando una relación indirecta (Angella & Salgado, 2016)

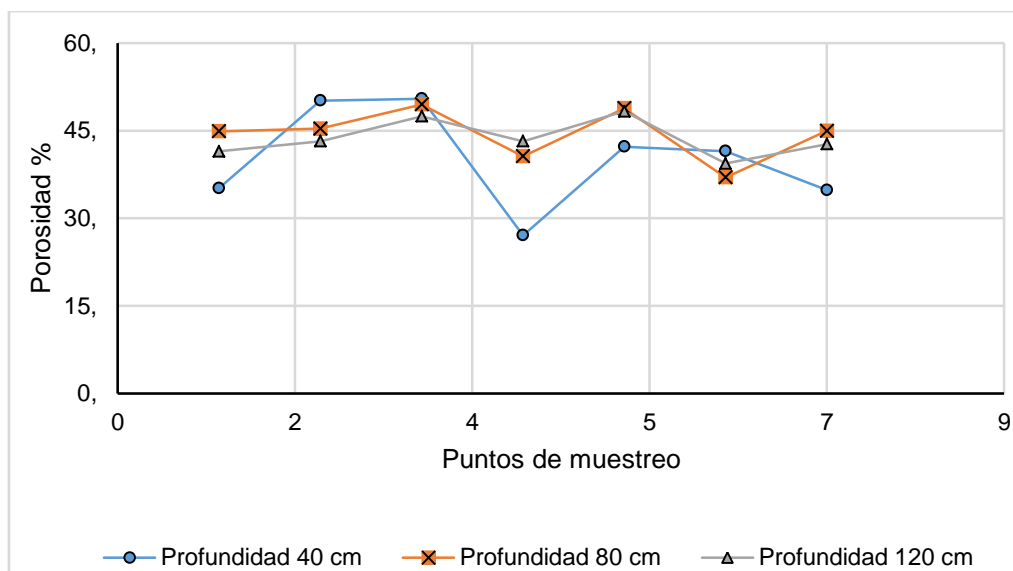


Figura 6. Perfiles porosidad

4.2 Parámetros químicos

4.2.1 pH

Las muestras de suelo fueron analizadas a diferentes profundidades 40, 80 y 120 cm como se indican en las gráficas 7,8 y 9, mismas que presentan valores de pH que varían entre 5,5 a 8 es así que para la dilución 1:1 se observa en la gráfica 5 los valores más altos de pH igual a 8 se obtuvieron a una profundidad de 120 cm; mientras que para la dilución 1:5 se hallaron valores de pH mayor a 8 para la profundidad de 80 cm semejante a los valores obtenidos con la dilución 1:10. Por tanto, se deduce que el suelo tiende a variar de neutro a moderadamente alcalino.

La variación del pH del suelo se da por diferentes aspectos como el tipo de minerales que se encuentra dominando en el suelo, otra variante es la humificación es decir la cantidad de descomposición de la materia orgánica, cuando un suelo tiende a presentar condiciones alcalinas se debe a la escasa actividad biológica de los mismos ya que puede existir un déficit de agua y un mal uso en los regadíos para los cultivos (Ibáñez, 2007).

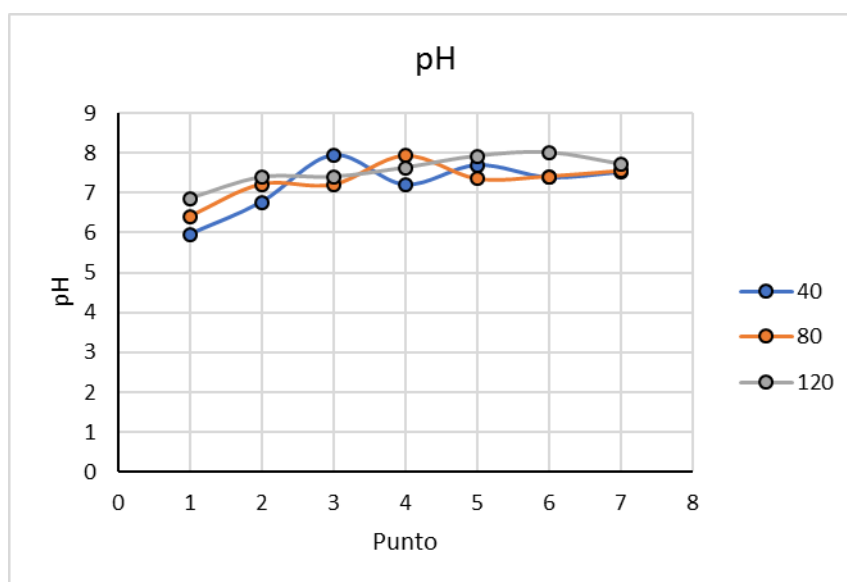


Figura 7. Variación de pH extracción 1:1

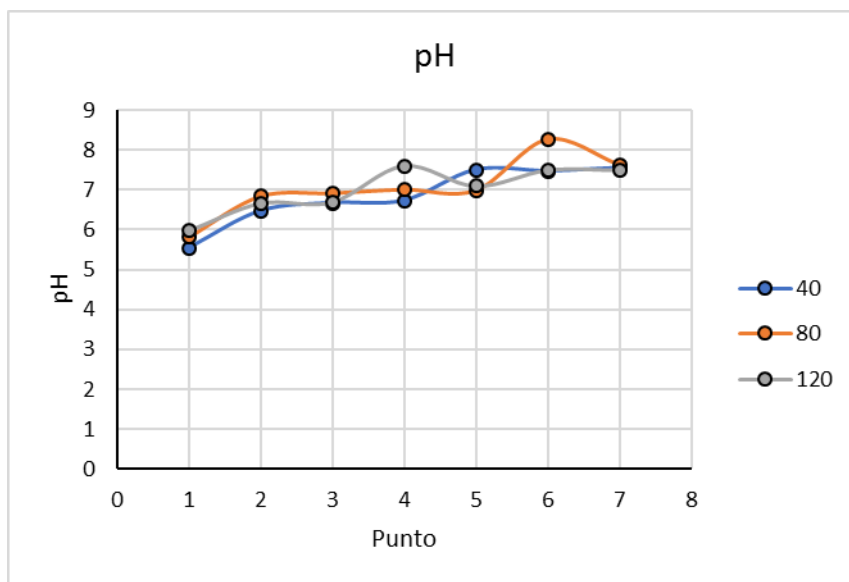


Figura 8. Variación de pH extracción 1:5

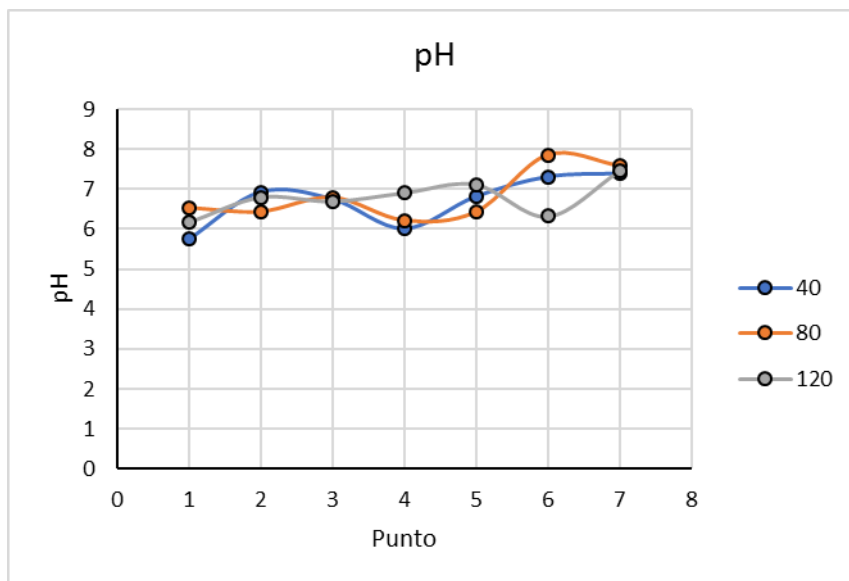


Figura 9. Variación de pH extracción 1:10

4.2.2 Sólidos Totales disueltos (STD)

Como se observa en la Figura 10, el valor máximo de STD es 6800 ppm que corresponde a la dilución 1:1 en el punto 6 de muestreo lo que nos indica que existe mayor presencia de conductividad eléctrica en la muestra del suelo, mientras que en la dilución 1:5 el valor máximo es de 1500 ppm y finalmente la curva de la dilución 1:10 presenta un valor máximo de 800 ppm siendo este en el punto 7 de muestreo por lo tanto se puede inferir que en general las aguas subterráneas que recorren el suelo de la zona de estudio contiene minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos que a niveles altos de concentración son potencialmente contaminantes provocando una agua dura que se convierte en una película de incrustaciones que llegan acumularse en tuberías y accesorios (Soto, 2010).

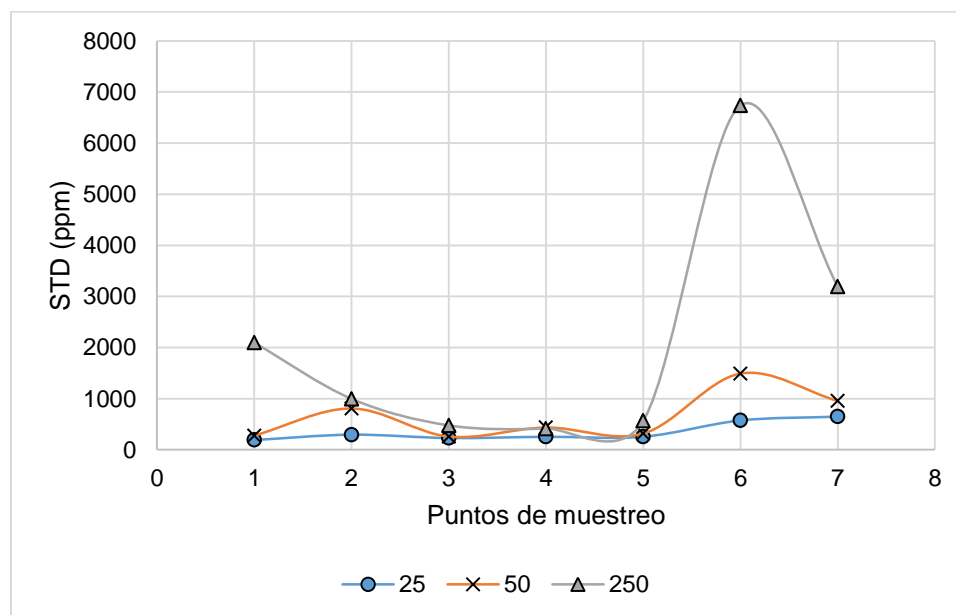


Figura 10. Variación de Sólidos Disueltos Totales

4.2.3 Residuo Seco Calcinado (RSC)

En la Figura 11 se puede apreciar que el RSC tiene un valor máximo de 4600 ppm en la curva correspondiente a la dilución 1:1, seguido de la curva de la dilución 1:5 con un valor máximo de 900 ppm y finalmente la curva de la dilución 1:10 con un valor de RSC igual a 500 ppm, lo que indica que a mayor masa de suelo mayor concentración de RSC.

El indicador RSC representa la concentración de sales presentes en el suelo, en este caso se tiene que el suelo de la zona de estudio tiene alta concentración de sales en especial en el perfil 6 donde se puede estimar el peligro que representa las sales solubles del agua de riego al formar parte del suelo, considerando la precipitación de carbonatos de calcio y magnesio (Pérez, 2018).

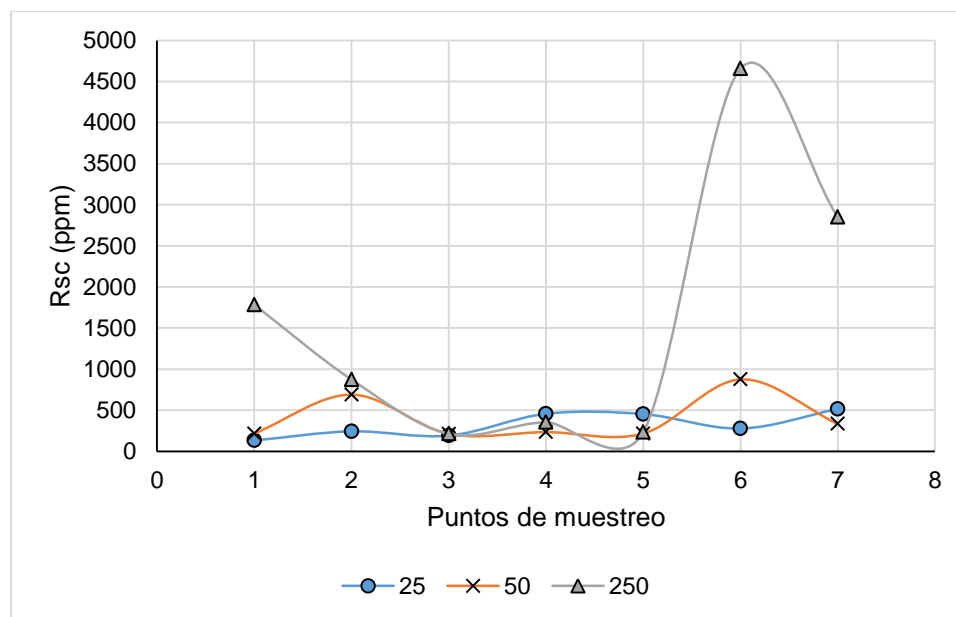


Figura 11. Variación de RSC

4.2.4 Sólidos totales

Las figuras 12, 13 y 14 representan la variación de la concentración de los sólidos totales de acuerdo a las diluciones 1:1, 1:5 y 1:10, respectivamente. Es así que para las tres diluciones se obtienen concentraciones menores a 500 ppm de sólidos totales, sin embargo, en el punto 6 de

muestreo se observa una particularidad de la concentración ya que aumenta bruscamente alcanzando los 2000 ppm de sólidos totales, indicando la presencia de materia sólida suspendida y disuelta, estos sólidos pueden ser compuestos solubles que se encuentran en las muestras diluidas, mientras que la otra parte de sólidos serán compuestos insolubles que finalmente sedimentaran (Zambrano & García, 2013).

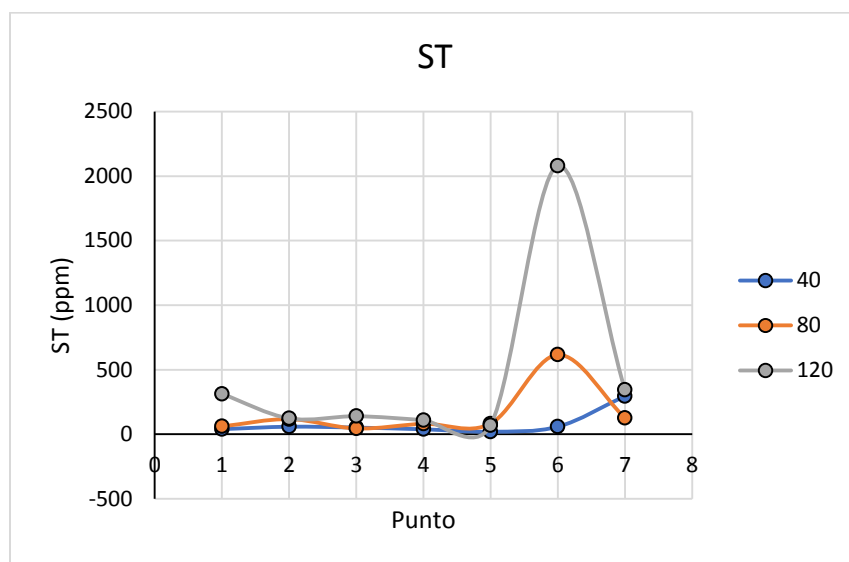


Figura 12. Variación de Sólidos totales extracción 1:1

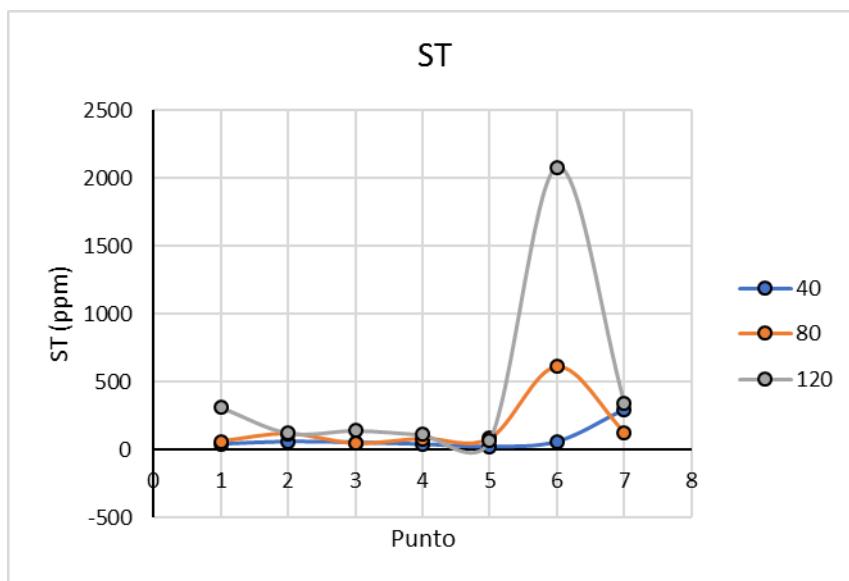


Figura 13. Variación de Sólidos totales extracción 1:5

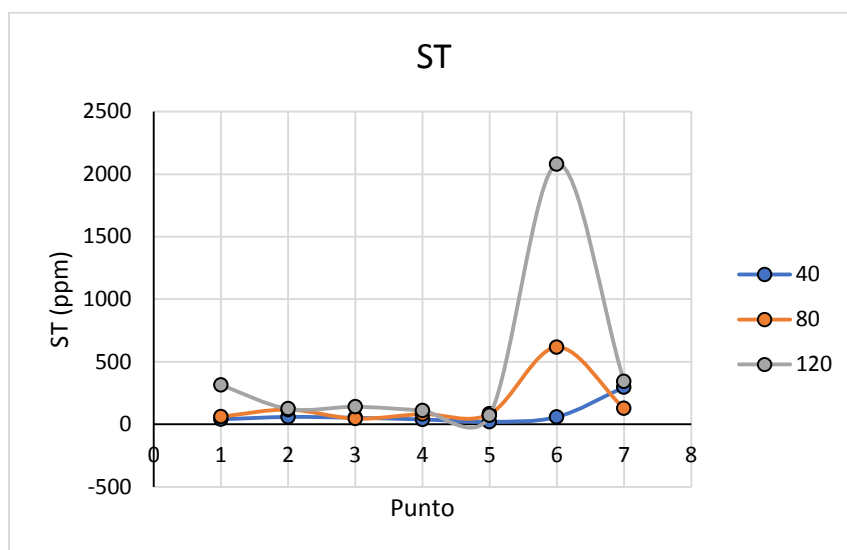


Figura 14. Variación de Sólidos totales extracción 1:10

4.2.5 Concentración Calcio (Ca^{2+})

En la Figura 15, 16 y 17, se observa que las curvas de concentración del Ca correspondientes a las diluciones 1:1, 1:5 y 1:10 presentan una tendencia similar de variación de concentraciones siendo así para la dilución 1:1 una máxima concentración en el punto 6 con un valor de 700 mg/L, mientras que en los demás puntos presentan valores de concentración en un nivel óptimo con valores en un rango de 0-500 (mg/L).

En la curva correspondiente a la dilución 1:5 se observa en el punto 6 un valor alto de concentración de Ca correspondiente a 249 mg/L, sin embargo, para los demás puntos se aprecia valores de concentración de Ca óptimos entre un rango de 0 a 150 mg/L.

En la curva correspondiente a la dilución 1:10 se observa en el punto 6 un valor alto de concentración de Ca correspondiente a 150 mg/L, sin embargo, para los demás puntos se aprecia valores de concentración de Ca óptimos entre un rango de 0 a 100 mg/L.

Una de las razones por la que el punto de muestreo 6 presenta valores altos de concentraciones de calcio, es por la presencia de camaroneras en esa área ya que este tipo de industria utiliza carbonato de calcio para desinfectar las piscinas de camarones.

La presencia de calcio en la zona de influencia permite el crecimiento y nutrición de la planta y además cumple funciones que ayudan a enmendar el suelo manteniendo un balance químico en el mismo, reduciendo así la salinidad del suelo y mejora la penetración del agua.

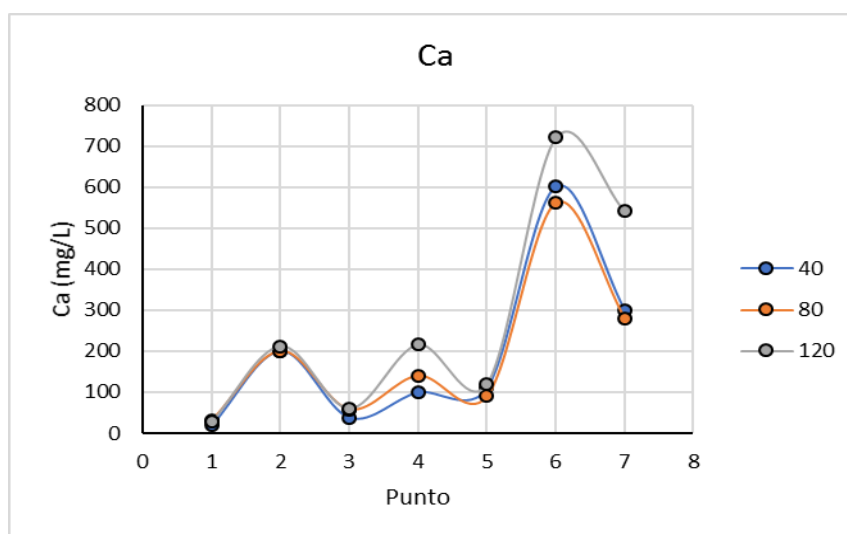


Figura 15. Variación de Calcio extracción 1:1

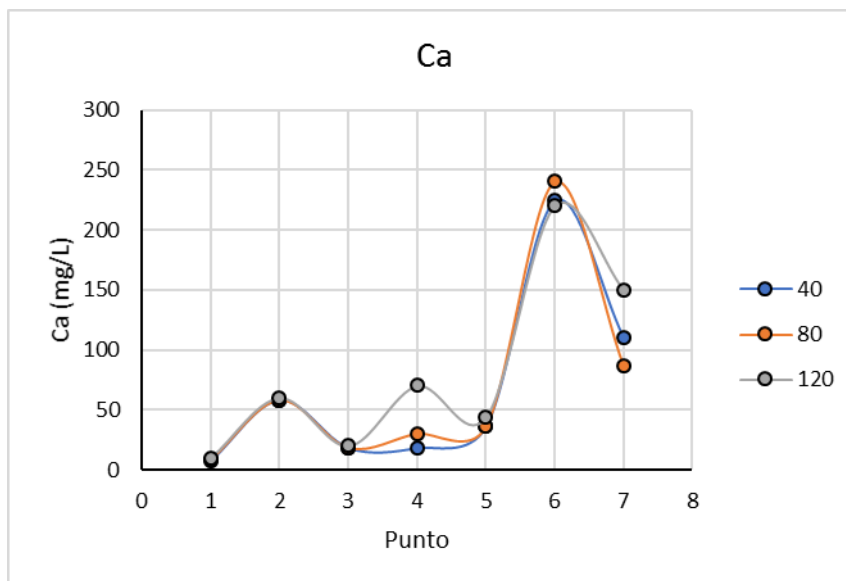


Figura 16. Variación de Calcio extracción 1:5

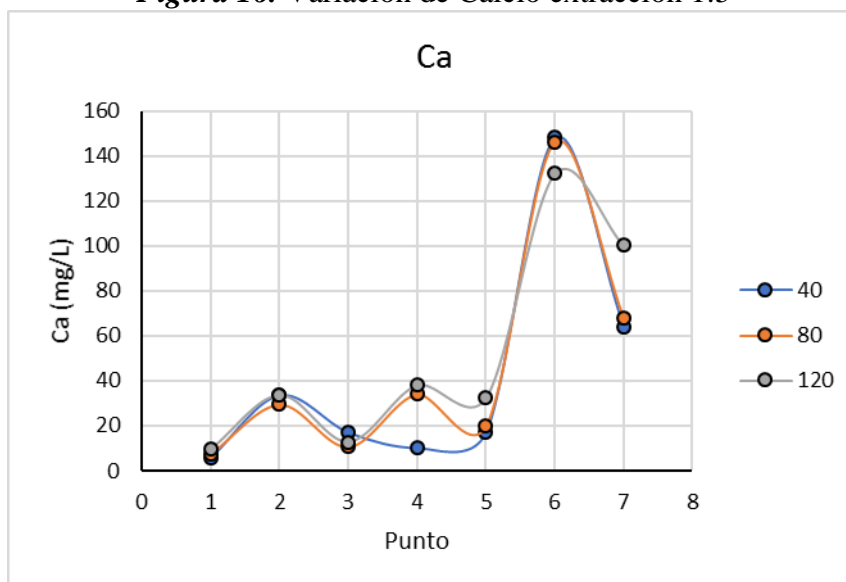


Figura 17. Variación de Calcio extracción 1:10

4.2.6 Concentración Magnesio (Mg^{2+})

En la Figura 18, 19 y 20 se puede observar que la presencia de magnesio en el suelo con una dilución 1:1 de suelo en agua la concentración de Mg^{2+} para los puntos 1, 2, 3, 4, 5 es baja ya que los valores son <20 mg/L, sin embargo, en el punto 6 se tiene una concentración en nivel alto ya que el valor obtenido es mayor a 200 mg/L.

De igual manera en la dilución 1:5 se obtienen valores bajos de Mg^{2+} <10 mg/L, pero en el punto 6 la concentración de Mg^{2+} se encuentra entre los valores entre un rango de 16 – 24 mg/L.

Finalmente, para la dilución 1:10 se determinó que los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 7 presentan una concentración de Mg^{2+} <10 mg/L, sin embargo, el punto 6 presenta un valor alto de 25 mg/L, esto se debe a la presencia de cultivos, debido a la raíz de estos, ya que tiene nutrientes que ayudan al crecimiento de las plantas (Pellegrini, 2016)

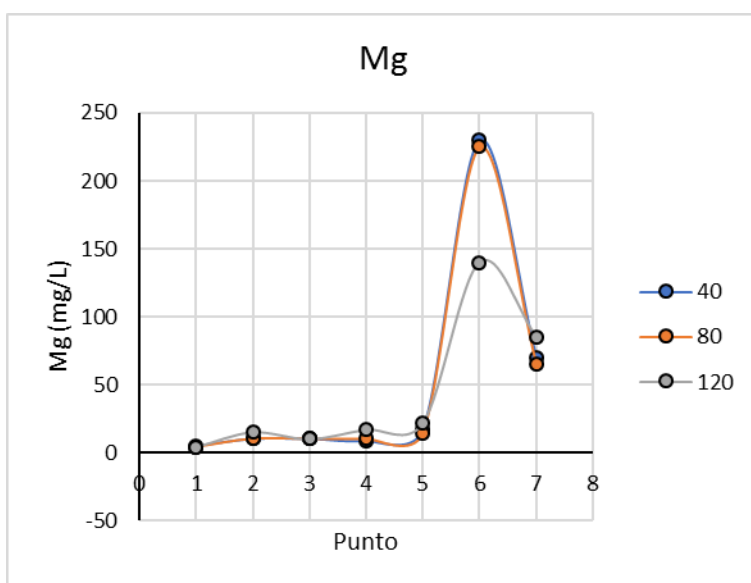


Figura 18. Variación de Magnesio extracción 1:1

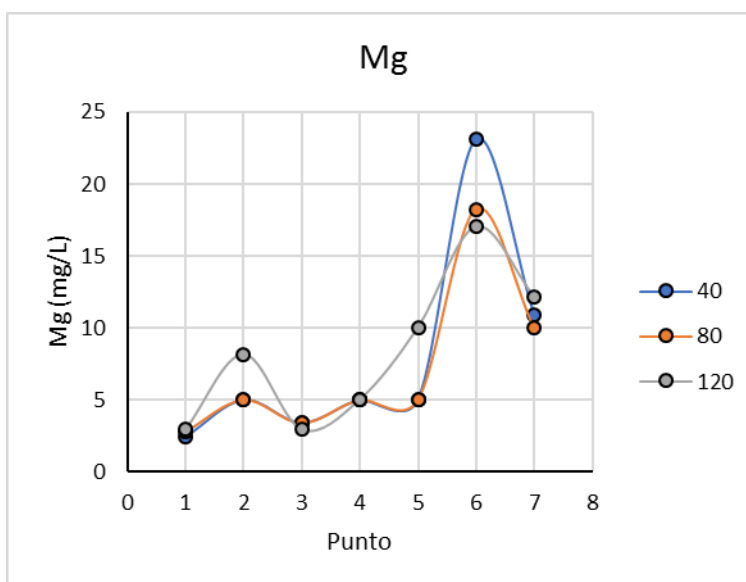


Figura 19. Variación de Magnesio extracción 1:5

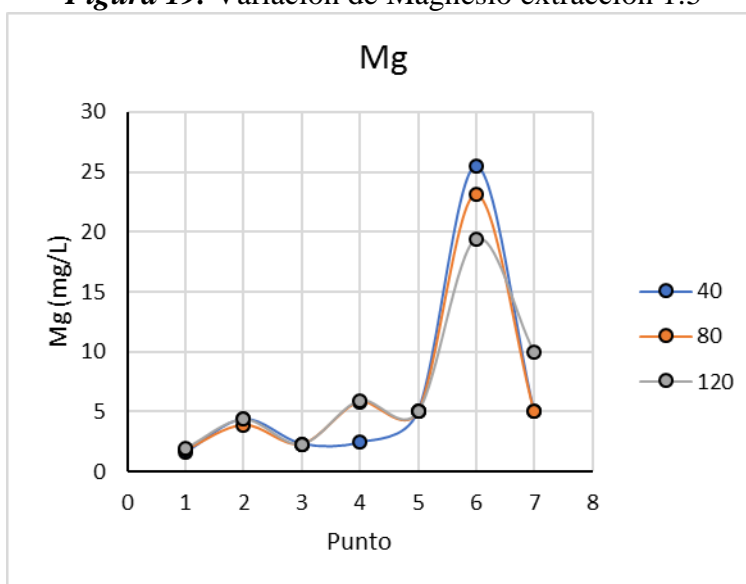


Figura 20. Variación de Magnesio extracción 1:10

4.2.7 Concentración Sodio (Na^+)

En las Figuras 21, 22 y 23 se observa que las curvas de las diluciones 1:1, 1:5 y 1:10 presentan concentraciones altas de Na^+ en los puntos 6 y 7 entre un rango de 400 a 700 (ppm), 149 a 250 (ppm) y de 60 a 120 (ppm), respectivamente. Mientras que los demás puntos presentan valores menores a 100, menor a 50 y menor a 20 (ppm), respectivamente.

El suelo de la zona de influencia se destaca por presentar áreas con contenido de sodio alto siendo estas zonas susceptibles a la erosión ya que se genera una pérdida de suelo y nutrientes, sin embargo los perfiles de 1 al 5, muestran contenidos moderados de sodio, indicando así la presencia de zonas no sódicas que de una u otra forma terminan beneficiando al cultivo en la zona (AGRICHEM, 2016).

Mientras que los perfiles de los puntos 6 y 7 indican concentraciones altas de sodio debido a que se encuentran en zonas más cercanas a la costa y cuando crece la marea existe la acumulación de sal en el suelo.

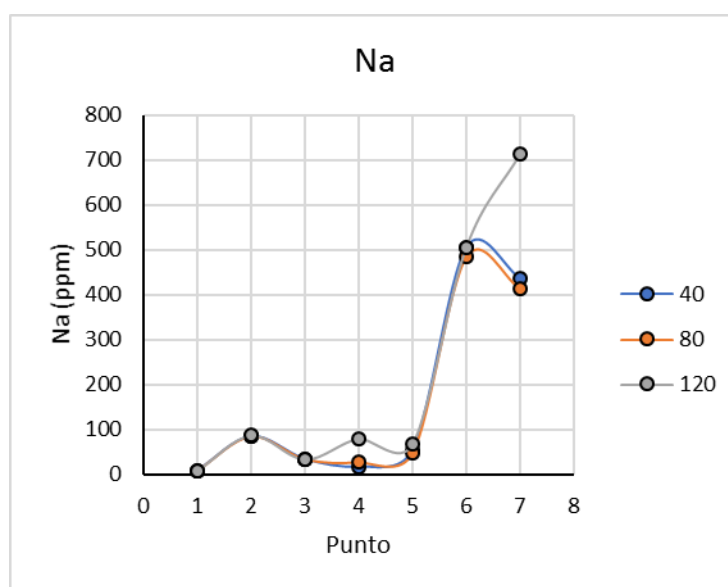


Figura 21. Variación de concentración de Sodio extracción 1:1

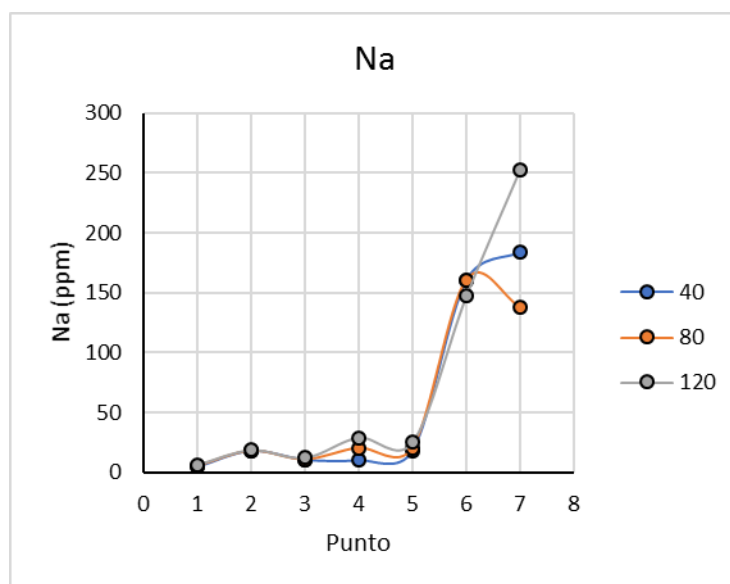


Figura 22. Variación de concentración de Sodio extracción 1:5

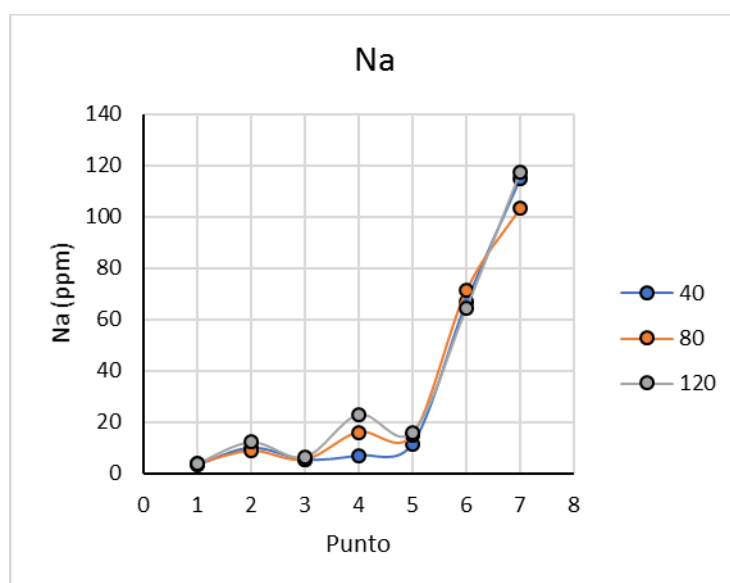


Figura 23. Variación de concentración de Sodio extracción 1:10

4.2.8 Concentración Potasio (K^+)

En las Figuras 24, 25 y 26 se observan, las curvas correspondientes a las diluciones 1:1, 1:5 y 1:10; para la dilución 1:1, los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 presentan valores entre 2 – 18 (ppm) mientras

que en los puntos 6 y 7 indican valores entre 80 – 110 (ppm) con lo que se determina una concentración alta de potasio.

La curva para la dilución 1:5 muestra una concentración alta en el punto 6 y 7 con un valor cercano a 14 (ppm), mientras que en los demás puntos se tiene una concentración media con valor de entre 2 a 11 (ppm).

La curva para la dilución 1:10 muestra una concentración alta en el punto 6 y 7 con un valor cercano a 12 (ppm), mientras que en los demás puntos se tiene una concentración media con valor de entre 1 a 10 (ppm).

En general la zona de estudio presenta concentraciones de potasio óptimas que ayudan a que el suelo desempeñe las diferentes funciones en los cultivos, favoreciendo la formación de carbono, además de incrementar la consistencia y dureza de los tejidos de las plantas, mejorando su resistencia ante ciertas plagas, por otra parte es importante rescatar que este elemento es considerado como un factor importante para la calidad de los productos ya que aumenta su coloración y el sabor de los mismos (Andrades, 2014).

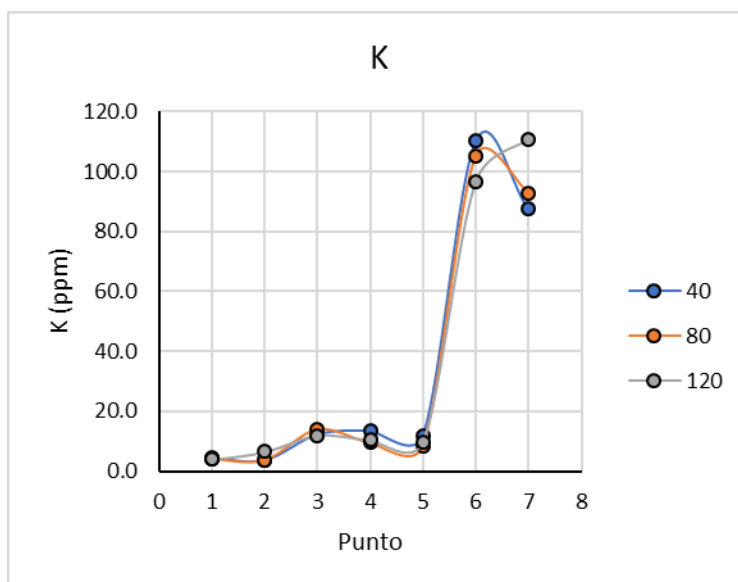


Figura 24. Variación concentración de Potasio extracción 1:

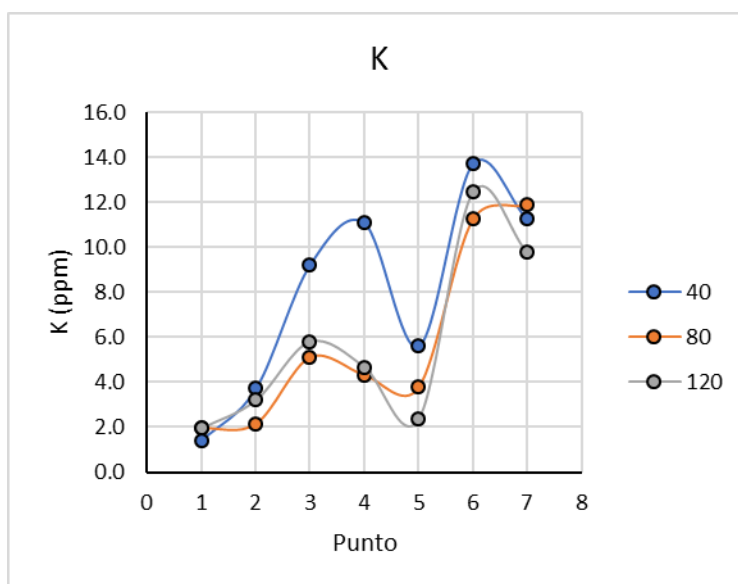


Figura 25. Variación concentración de Potasio extracción 1:5

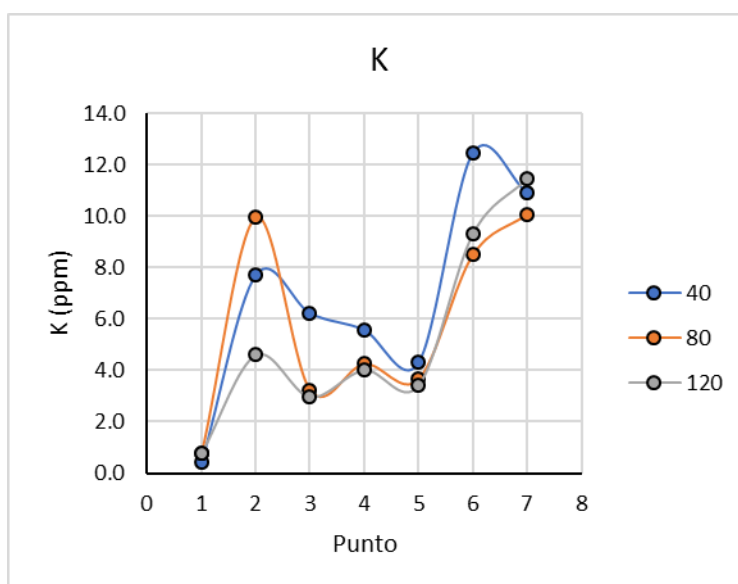


Figura 26. Variación concentración de Potasio extracción 1:10

4.2.9 Conductividad Eléctrica

En las Figuras 27, 28 y 29 se observa que las curvas correspondientes a la dilución 1:1 se presentan valores de conductividad eléctrica en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 menores a 2 (dS/m)

mientras que los puntos 6 y 7 presentan valores entre 3 y 7 (dS/m) con lo que se justifica las concentraciones medias determinadas de iones Na^+ , Mg^{2+} , K^+ y Ca^{2+} en estos puntos.

Sin embargo, en la curva de dilución 1:5 se puede apreciar valores de conductividad menores o iguales a 2 (dS/m) en todos los puntos de muestreo, esto debido a la presencia de iones. Mientras que para la dilución 1:10 se presenta valores menores a 1 (dS/m).

Sin embargo, en la curva de dilución 1:1 se puede apreciar valores de conductividad altos cercanos a 8 y 5 (dS/m) en el punto 6 y 7 respectivamente esto debido a la presencia de iones.

La conductividades entre 0 y 2 dS/m, facilita el manejo de la fertilización y evita problemas por fitotoxicidad en el cultivo, además de que no presenta efectos importantes de salinidad, sin embargo en los perfiles 6 y 7 se presentan características de suelos moderadamente salinos provocando un rendimiento limitado en la mayoría de cultivos (Gallart, 2017).

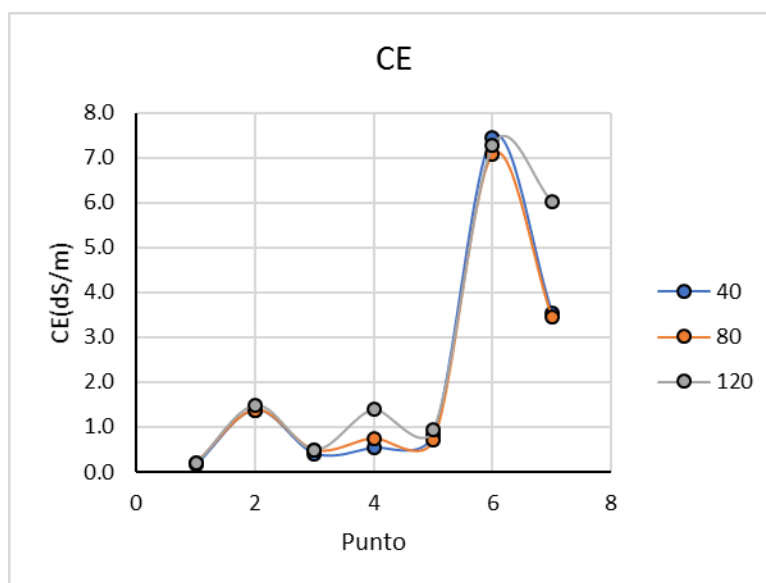


Figura 27. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:1

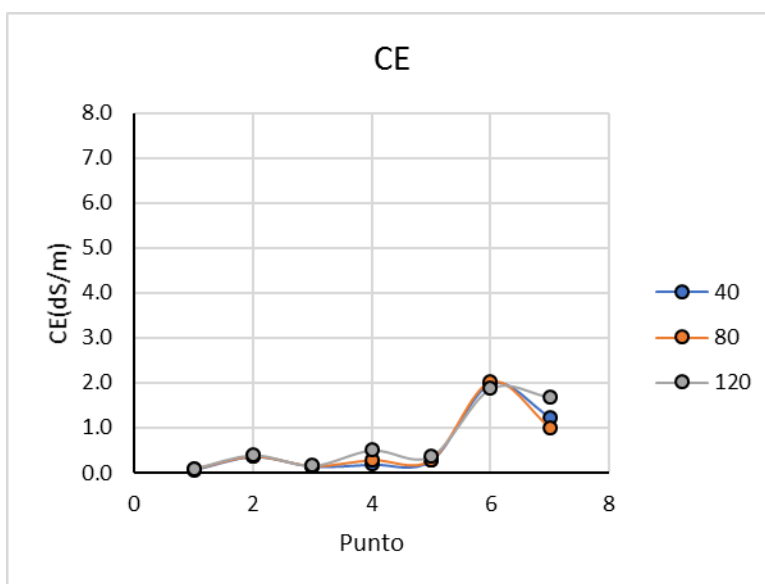


Figura 28. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:5

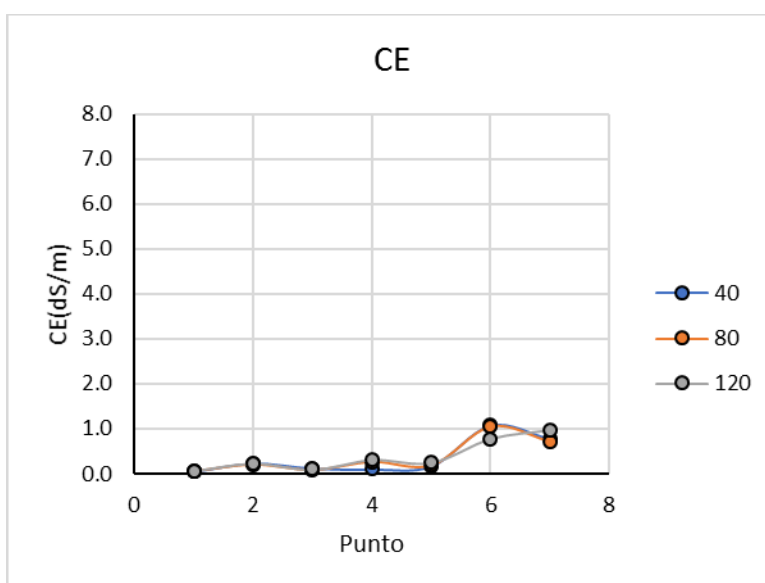


Figura 29. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:10

4.2.10 Suma de cationes

En las Figuras 27, 28 y 29 se observa que las curvas correspondientes a la dilución 1:1 presentan valores de suma de cationes en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 menores a 400 (mg/L) mientras que los puntos 6 y 7 presentan valores entre 800 y 1500 (mg/L) con lo que se justifica las concentraciones medias determinadas de iones Na^+ , Mg^{2+} , K^+ y Ca^+ en estos puntos.

Sin embargo, en la curva de dilución 1:5 se puede apreciar valores de suma de cationes menores a 100 (mg/L) en los puntos 1 al 5 de muestreo; mientras que en los puntos 6 y 7 se presentan valores entre 250 a 450 mg/L esto debido a la presencia de cationes. Para la dilución 1:10 en los puntos 1 al 5 de muestreo se presenta valores menores a 4 (mg/L) mientras que los puntos 6 y 7 presentan valores entre 8 y 13 (mg/L).

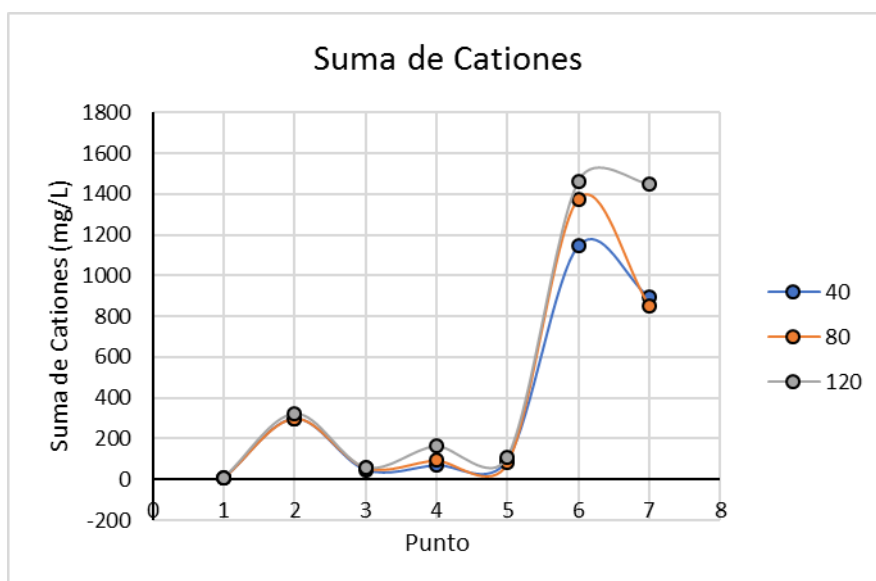


Figura 30. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:1

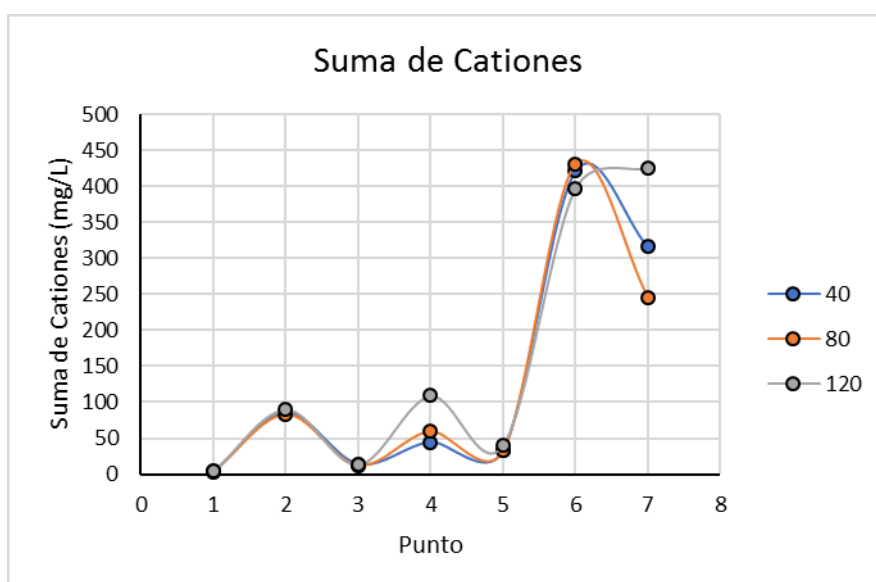


Figura 31. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:5

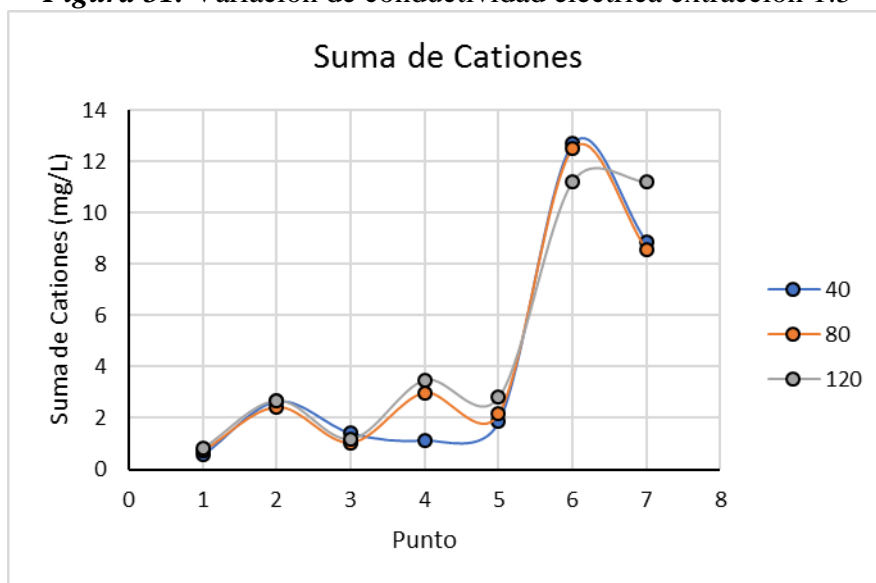


Figura 32. Variación de conductividad eléctrica extracción 1:10

4.3 Análisis de producción por investigación

La determinación de la productividad en la zona es otro de los objetivos que no podemos dejar de lado, ya que un correcto plan de manejo, permitirá a los habitantes de las zonas cercanas a las represas Simbocal y Río Grande, el correcto uso del suelo y un mejor aprovechamiento de las potencialidades del mismo.

Según la geografía de la zona, la represa Simbocal se encuentra en la parroquia de San Antonio y la represa de Río Grande está localizada en la parroquia de Santa Rita, ambas pertenecientes al cantón Chone, de la provincia de Manabí. En referencia a los datos del plan de ordenamiento territorial y de suelos del GAD de Chone en el período 2014-2019 y el MAGAP, se identifica que las dos actividades principales de producción en la zona son agrícola y pecuaria. En temas de productividad agrícola, los cultivos con mayor presencia en las zonas son: pasto cultivado, cacao y misceláneos como banano, maíz duro y mandarina.

El pasto cultivado representa un 53, 52% del total de la producción agrícola, a nivel del territorio de Chone. La parroquia de Santa Rita se encuentra entre las cinco parroquias con mayor concentración de pastos cultivados; el tipo de pasto predominante es el pasto Saboya, Kingrass, Estrella y en algunos casos Maskin grass (en épocas de sequía). En el sector de Río Grande, podemos encontrar mezclas de pasto forrajero Estrella, Haneiro y paja de corte; en algunos casos con presencia de sistemas de riego. La alta producción de pasto, se debe al alto porcentaje de actividad agropecuaria, especialmente bovina. “Según datos de la CONEFA (Comisión Nacional de Erradicación de la Fiebre Aftosa), en el año 2010, la población bovina en este cantón representaba el 24,89% “ (MAGAP, Memoria Técnica del Cantón Chone, 2013).

En lo que concierne al cultivo de cacao, este se ha convertido en el principal producto agrícola con una representación del 13,26% del total de la superficie del cantón. Esto es un punto a considerarse en el futuro, ya que el cacao de Chone aporta un 26% a la producción provincial, y un 8% a la producción Nacional; por lo tanto, debería realizarse consideraciones de manejo de este cultivo. Entre las parroquias productoras principales de cacao, también se encuentra Santa Rita; esta cuenta con cultivos de cacao antiguo de más de 50 años, con mantenimientos escasos y baja producción. En esto tipo de cultivos, podemos encontrar asociaciones como cacao-banano, cacao-mandarina y cacao-plátano, la población de San Antonio se dedica a la producción de cacao – plátano y la población de Santa Rita al cultivo de cacao-mandarina (4,14% de la superficie cantonal).

Entre los cultivos misceláneos de ciclo corto, el de principal producción en el cantón Chone es el maíz con el 2,36% de la superficie cantonal. San Antonio forma parte de las zonas de mayor

producción de maíz, el cuál es sembrado en enero y cosechado entre junio y agosto. El promedio de rendimiento de maíz se encuentra en 100 qq/ha aproximadamente.

Si relacionamos la producción de estos cultivos principales del cantón Chone, con la producción nacional del sector de Manabí, podemos identificar la importancia de los mismos debido a ser los principales productores, según datos del MAGAP. En el cuadro a continuación, se puede observar la evolución en la producción de estos cultivos, durante los años 2016, 2017 y 2018.

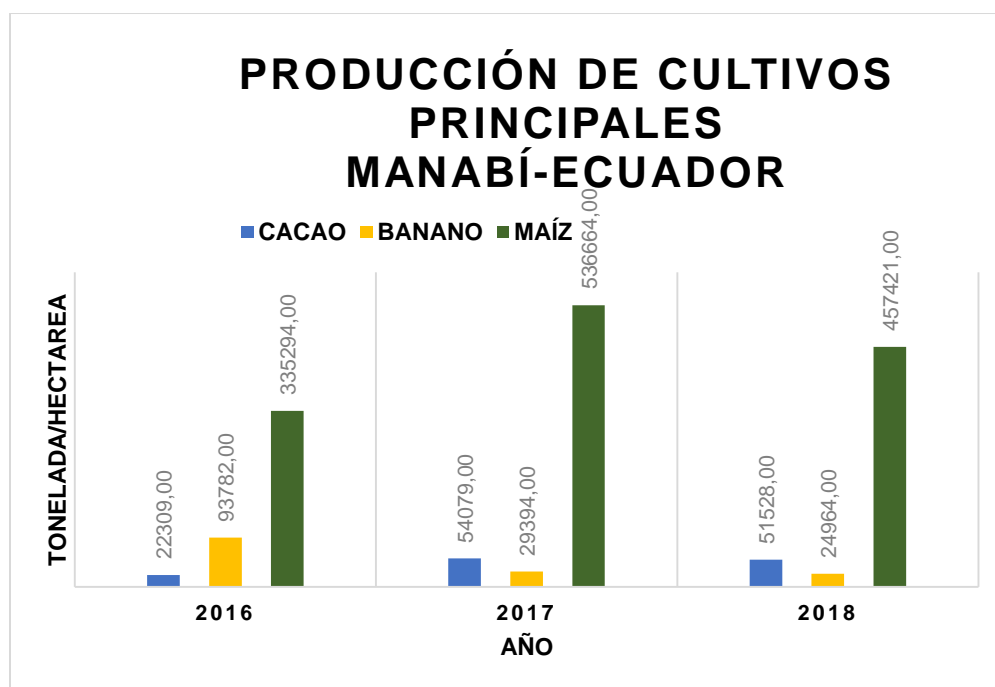


Figura 33. Producción de cacao, maíz y banano en la provincia de Manabí (2016, 2017, 2018)

Como se puede observar en la figura, el cultivo estrella de producción en la provincia de Manabí es el cacao; siendo el año 2017 el de mayor productividad con un total de 54,079 ton/ha,

que representa el 18,71% de participación a nivel del país; convirtiéndose en el tercer productor a nivel nacional durante el 2016 con el 12,66 % (22,309 ton/ha) y 2017 (a pesar de su alta producción) y; pasando al segundo lugar en el 2018 con el 17,97% (51,528 ton/ha). El alto crecimiento observado durante el 2017 se debe a mayor tecnificación y desarrollo de nuevas variedades que permiten que el pequeño y mediano productor puedan competir con los grandes exportadores.

En cuanto al cultivo de maíz (de tipo duro), Manabí se encuentra en segundo lugar durante el 2016 con el 25,41% y en primer lugar los años 2017 y 2018 con representación nacional del 36,42% y 39,48% respectivamente. El año de mayor producción fue el 2018 con 457,421 ton/ha. Dentro de la investigación se pudieron obtener datos específicos del cantón Chone en cuanto a la producción de maíz duro, siendo este cantón el segundo de mayor producción con rangos de representatividad a nivel de cantón entre el 7% y 24%, durante los tres últimos años. Sin embargo, referente a los otros cultivos analizados, no se obtuvieron datos concretos que nos permitan analizar su producción, por lo cuál debería ser también considerado como un punto de estudio en el futuro.

Por último, se investigó la producción del cultivo de banano, debido a su gran presencia en el cantón Chone por su asociación con el cacao y representación a nivel nacional. En el 2016 la producción de este cultivo fue de 93782 ton/ha (1,01%); en el 2017 una producción de 29394 ton/ha (0,48%); en el 2018 la productividad de banano fue de 24, 964 ton/ha (0,39%). Se puede divisar la baja paulatina de este cultivo durante los últimos tres años, por lo cual se debería determinar los motivos de la baja del mismo y las medidas correctivas.

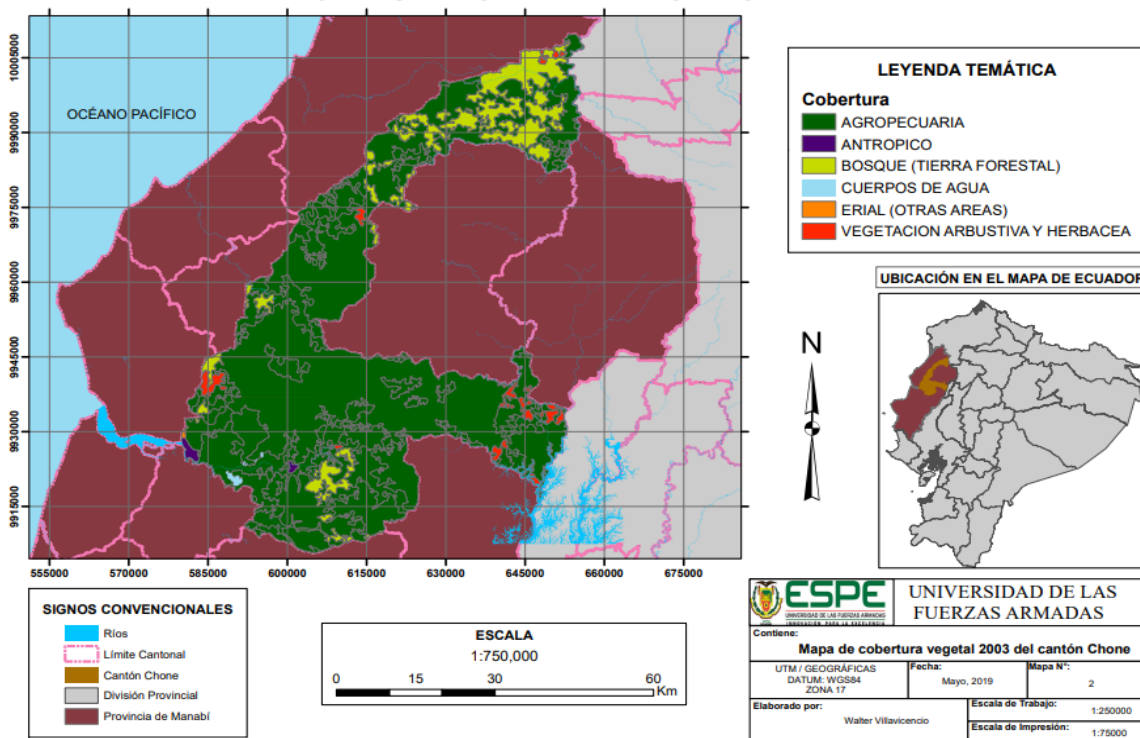
En lo referente a pastos cultivados, no se pudo obtener información de su producción, ya que en las bases de datos de MAGAP sólo se contemplan productos que usualmente son de exportación. Sin embargo, el pasto cultivado debe ser considerado, ya que su producción influye en la cantidad de ganado en pie, presente en Manabí, que se acentúa en el cantón de Chone, lo cual explica la alta presencia de este cultivo.

Finalizando, y en relación con el área de estudio, se puede determinar que las condiciones físico – químicas de las zonas cercanas a las represas Simbocal y Río Grande se ajustan en ciertos aspectos a la producción de los principales cultivos de la región. Si se toman las condiciones principales como pH, tipo de suelo y humedad; se puede observar que el pH de las zonas estudiadas varía de neutro a moderadamente alcalino, adecuado para cacao (6,5-7 pH), maíz (7 pH), pasto Saboya (6,8 pH) y banano (4,5 - 8 pH).

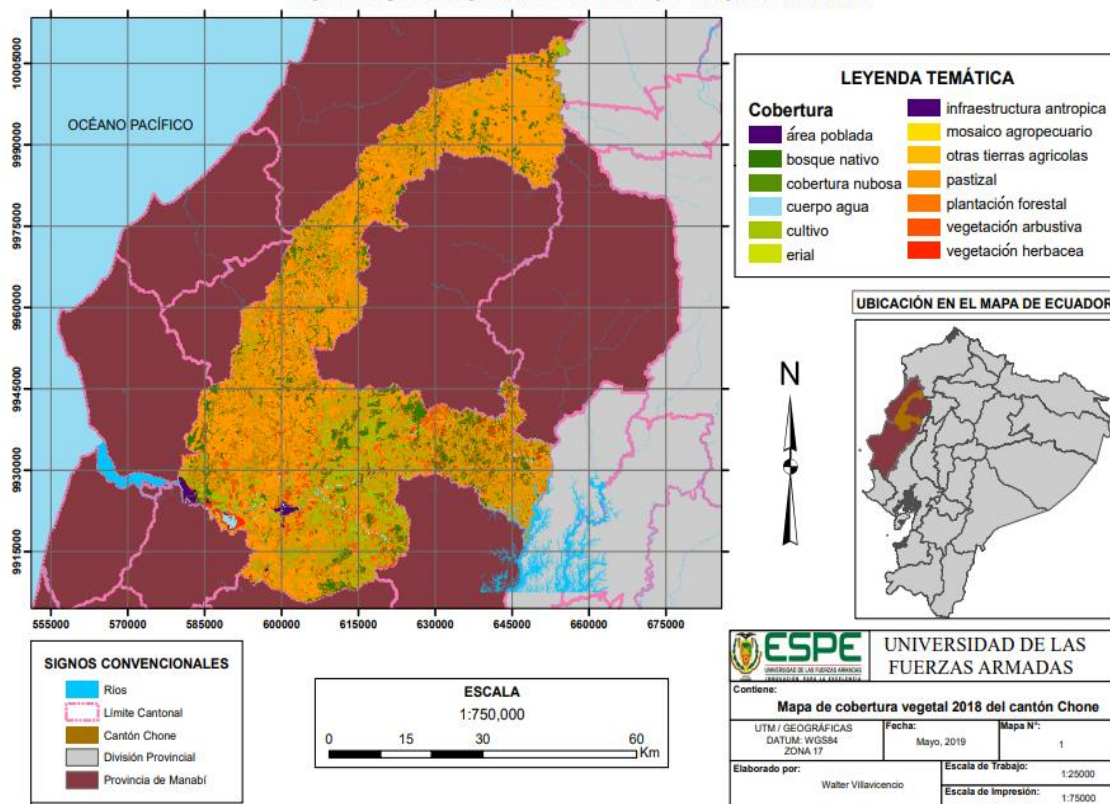
En lo referente al tipo de suelo, según el muestreo se destacan los suelos franco – arcillosos y arenosos. El cacao se adapta a suelos franco arcilloso por lo cual esta área podría ser adecuada para este cultivo. Los cultivos de maíz (todo tipo de suelo) y banano (franco-arenoso o franco-arcilloso) también podrían adaptarse a estos suelos. En cuanto a humedad, el cacao se cultiva preferentemente en suelos con 80% de humedad, aunque resiste suelos con 70% de humedad; se adapta a algunas zonas estudiadas donde la humedad es del 77%. Y si bien el maíz y el banano necesitan zonas con suelos oxigenados, con un buen sistema de drenaje sería posible cultivarlos.

Al corroborar toda esta información mediante mapas de cobertura de suelo, se puede identificar que el cantón Chone ha sido una zona demandante de actividad agrícola y pecuaria; siendo así que, en el 2003, el área mapeada es mayormente dedicada a la actividad agropecuaria, con una mínima porción de tierra forestal. La situación no varía en el año 2018, en el cual las principales coberturas de suelo son pastizales (para uso pecuario) y cultivos agrícolas diversos; con una presencia mínima de bosque nativo.

COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN CHONE - MANABÍ



COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN CHONE - MANABÍ



4.4 Análisis de Correlación Canónica (ACC) entre los parámetros físicos y químicos

El análisis de correlación canónica se utiliza para identificar y medir las asociaciones entre dos conjuntos de variables; en este estudio los grupos de variables están asociados a los parámetros físicos por un lado y a los parámetros químicos por otro, en los diferentes puntos de muestreo, profundidad y extracción. El análisis de correlación canónica determina un conjunto de variables canónicas, las cuales son combinaciones lineales de las variables originales dentro de cada conjunto que explican mejor la variabilidad tanto dentro como entre conjuntos. El análisis de correlación canónica es un método estadístico exploratorio multidimensional en la misma línea que el análisis de componentes principales (ACP): ambos métodos se basan en el mismo fondo matemático (álgebra matricial y análisis propio) y los resultados se pueden ilustrar a través de representaciones gráficas similares (González, Déjean, Martin, & Baccini, 2008). El objetivo principal de ACC es la exploración de correlaciones de muestras entre dos conjuntos de variables cuantitativas observadas en los mismos individuos, si se tiene dos vectores $X = (X_1, \dots, X_q)$ e $Y = (Y_1, \dots, Y_p)$ de variables aleatorias, y hay correlaciones entre las variables, entonces el análisis de correlación canónica encontrará combinaciones lineales de X e Y que tienen máxima correlación entre sí (Härdle & Simar, 2007).

De acuerdo con (Moreno & Trillo, 2001), el ACC consiste en la construcción de pares de variables sucesivas, que son combinaciones lineales de las originales de modos que cada par representa la mejor explicación de cada conjunto respecto al otro que no haya sido obtenido ya

por los pares anteriores. Es decir, este análisis trabaja por etapas, en donde la primera radica en la construcción de dos variables U_1 y V_1 , tales que

$$U_1 = \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 + \dots + \alpha_{1q}X_q$$

$$V_1 = \beta_{11}Y_1 + \beta_{12}Y_2 + \dots + \beta_{1p}Y_p$$

de forma que la correlación (canónica) entre estas dos variables sea la mayor posible de entre todas las combinaciones lineales posibles en los dos grupos de variables. Es así que el problema consiste en la obtención de los vectores $\alpha_1 = (\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{1q})$ y $\beta_1 = (\beta_{11}, \beta_{12}, \dots, \beta_{1p})$ que garanticen que la covarianza entre U_1 y V_1 sea la máxima posible y además que la varianza de estas dos nuevas variables sea igual a 1 para garantizar la homogeneidad en la dispersión de éstas respecto a los pares de variables sucesivas. La segunda etapa consiste en la construcción de un nuevo par de variables U_2 y V_2 de varianza igual a uno que tengan una correlación (canónica) máxima entre sí, de entre todas las posibles combinaciones lineales, sin tomar en cuenta el par de variables obtenido en la etapa anterior; es decir, se debe encontrar los vectores α_2 y β_2 . A partir de esto, se procede de manera recursiva las nuevas etapas hasta determinar r pares de variables canónicas, donde ($r < p$).

Dimensiones

Se recomienda elegir un número de dimensiones pequeño; esto es 2, 3 o 4, tomando en cuenta que las correlaciones canónicas pequeñas no son relevantes; puesto que no expresan relaciones lineales entre las columnas de X e Y; y se pueden ignorar. Para las gráficas de dispersión de variables e individuos se consideran dos dimensiones (U_s, U_t) generalmente con correlaciones canónicas altas.

Representaciones de las variables

La gráfica de variables es de interés porque permite discernir la estructura de correlación entre los dos conjuntos de variables X e Y (parámetros físicos y químicos). Las coordenadas de las variables X_j e Y_k en el eje definido por U_s son correlaciones de Pearson entre estas variables y U_s . Como se supone que las variables X_j e Y_k son de variación de unidades, sus proyecciones en el plano definido por los ejes (U_s, U_t) están dentro de un círculo de radio 1 centrado en el origen, llamado círculo de correlación. En este gráfico, se dibujan dos circunferencias correspondientes al radio 0.5 y 1 para revelar los patrones más destacados en el anillo definido entre estas dos circunferencias. Las variables con una fuerte relación se proyectan en la misma dirección desde el origen. Cuanto mayor sea la distancia desde el origen, más fuerte será la relación (González, Déjean, Martin, & Baccini, 2008).

Representaciones de los individuos

La representación de los individuos puede ser útil para aclarar la interpretación de la correlación entre variables. Esta representación de unidades es posible usando los ejes definidos por (U_s, U_t) : la coordenada del individuo i –ésimo en el eje U_s es $U_{s,i}$ (la coordenada i –ésima de la s –ésima variable canónica). Las relaciones entre los dos gráficos (variables y unidades) dibujados en los ejes coincidentes pueden revelar asociaciones entre variables y unidades.

Resultados

A partir de lo mencionado, el presente trabajo investiga las relaciones multivariadas entre los resultados de los parámetros físicos y los parámetros químicos del estudio, en las diferentes diluciones (1:1, 1:5 y 1:10), con el propósito de ilustrar las diferentes asociaciones para cada dilución, estos resultados fueron obtenidos a través del software R. Este primer gráfico evidencia que las correlaciones canónicas entre estos grupos de variables canónicas obtenidas en el ACC las cuales llegan hasta 0.81 y 0.72 para las primeras dos dimensiones, respectivamente.

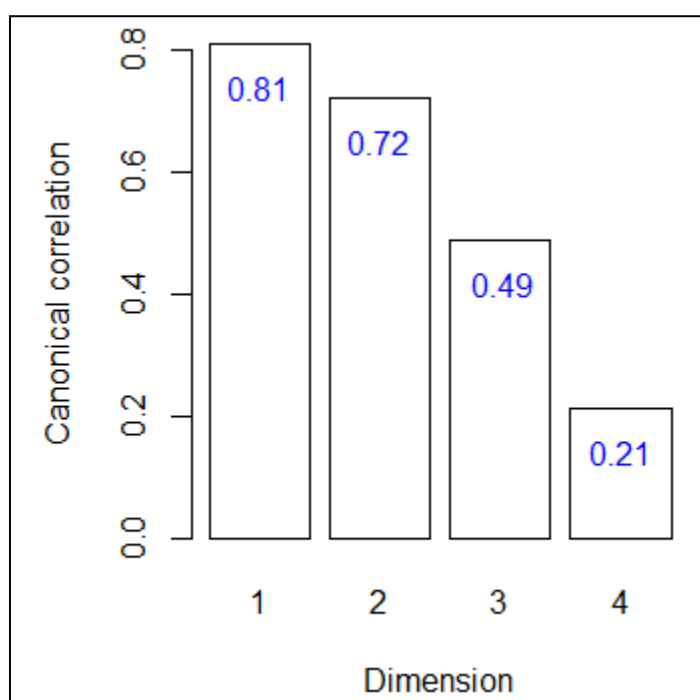


Figura 34. Correlaciones canónicas para el extracto de la dilución 1:1

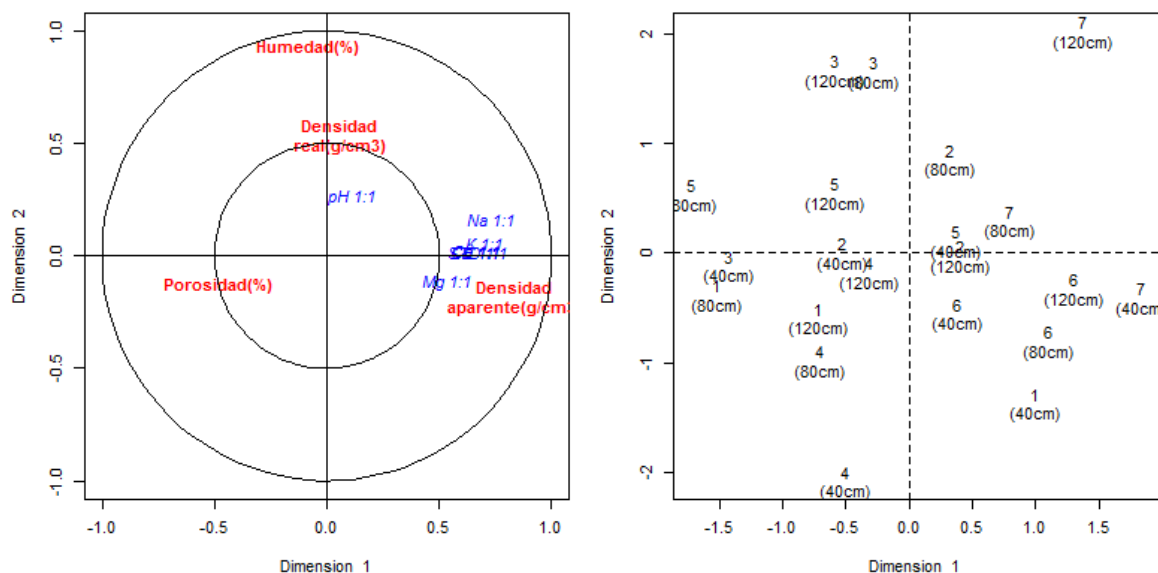


Figura 35. Gráficos de dispersión de variables e individuos en el extracto de la dilución 1:1

La Figura 34 muestra que los parámetros físicos de densidad aparente y porosidad no se encuentran correlacionados en este extracto (1:1); mientras que la humedad y la densidad real muestran estar correlacionadas. Se puede ver además que, los parámetros químicos: conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, y las concentraciones de iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+} , se encuentran correlacionadas, por su parte el pH no comparte esta condición. Además, se puede ver que todos los parámetros químicos a excepción del pH presentan una asociación con la densidad aparente y el pH una asociación con la densidad real y la humedad.

Con respecto a los individuos o unidades de observación, en los puntos de muestreo a diferentes profundidades, no se distingue un comportamiento particular en este gráfico de dispersión, esto evidencia una heterogeneidad entre los resultados de los puntos de muestreo y las profundidades.

Los resultados con respecto a la dilución 1:5, se muestran en la siguiente figura, donde se tiene que, las correlaciones canónicas en las primeras dos dimensiones son de 0.83 y 0.74, respectivamente, se puede ver que estas correlaciones canónicas son ligeramente mayores que el caso de la dilución 1:1.

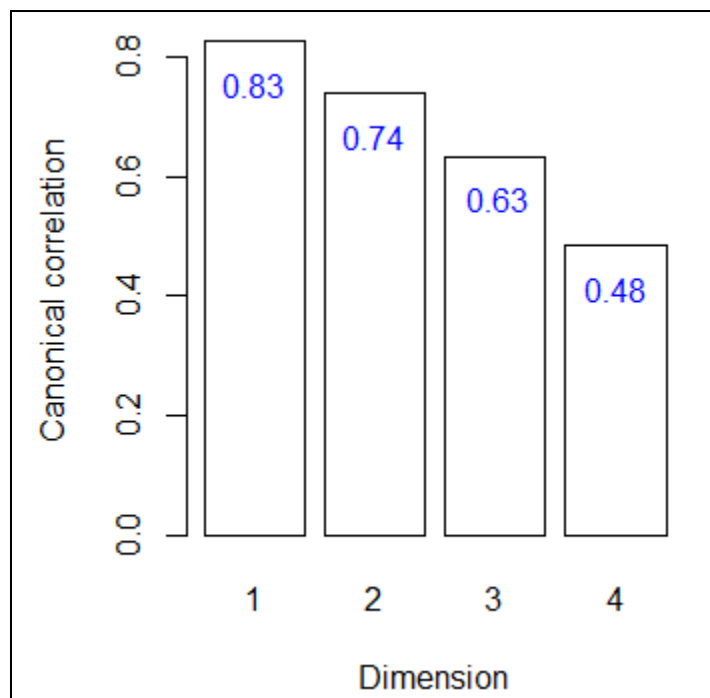


Figura 36. Correlaciones canónicas para el extracto de la dilución 1:5

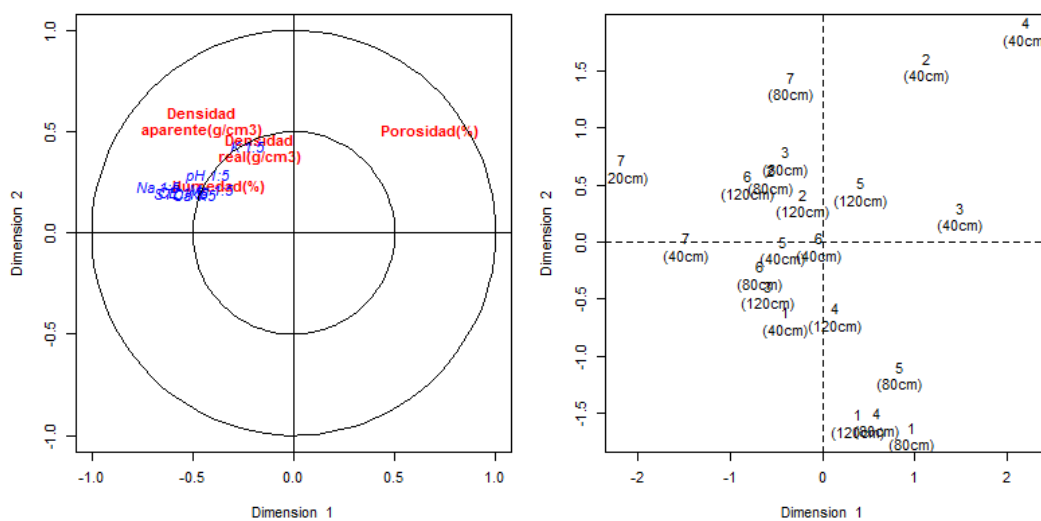


Figura 37. Gráficos de dispersión de variables e individuos en el extracto de la dilución 1:5

La Figura 36 muestra que, los parámetros físicos de densidad aparente, densidad real y humedad de encuentran correlacionados en el extracto de la dilución 1:5 y la porosidad difiere moderadamente de esta correlación. Asimismo, se puede ver que, los parámetros químicos: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, y las concentraciones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ se encuentran correlacionadas, por su parte la concentración de potasio difiere levemente esta asociación. Además, se puede ver que todos los parámetros químicos a excepción de la concentración de potasio presentan una asociación con la humedad; mientras que la concentración de potasio presenta una asociación con la densidad real y aparente.

Con respecto a los individuos o unidades de observación, en los puntos de muestreo a diferentes profundidades, no se distingue un comportamiento particular en este gráfico de dispersión, esto evidencia una heterogeneidad entre los resultados de los puntos de muestreo y las profundidades.

Por último, con respecto al extracto de la dilución 1:10, se puede observar que las correlaciones canónicas en las primeras dos dimensiones son de 0.83 y 0.79, respectivamente, además se puede ver que estas correlaciones canónicas en la primera dimensión es igual que el extracto de la dilución 1:5 y ligeramente mayor que el extracto de la dilución 1:1, mientras que en la segunda dimensión es mayor que en el extracto de la dilución 1:5.

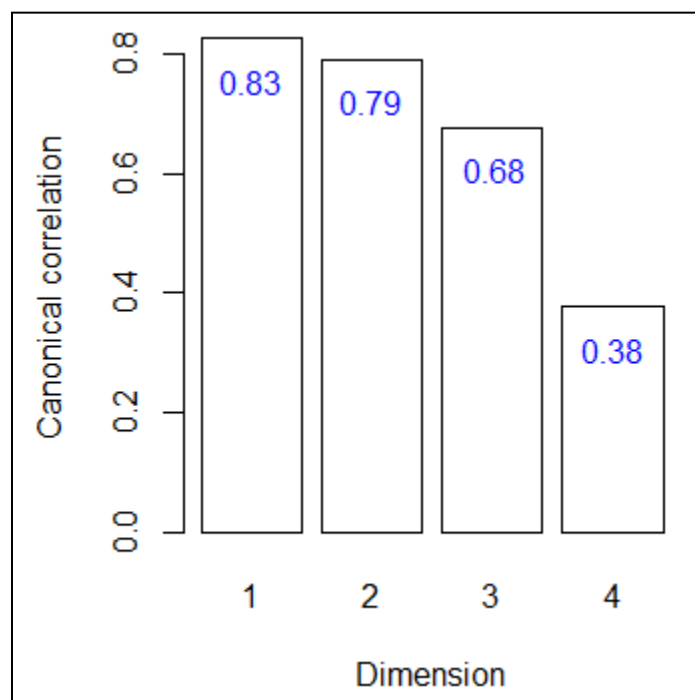


Figura 38. Correlaciones canónicas para la extracción de la dilución 1:10

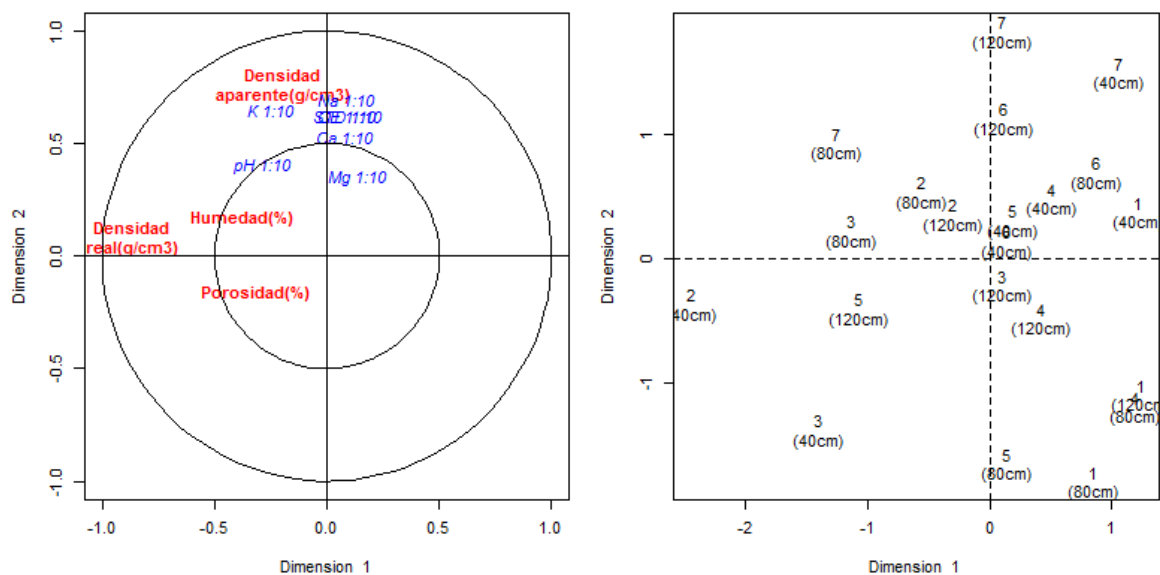


Figura 39. Gráficos de dispersión de variables e individuos en el extracto de la dilución 1:10

A partir de la Figura 38, los parámetros físicos de densidad real y humedad se encuentran correlacionados en el extracto de la dilución 1:5 y la porosidad tiende a agruparse con estas dos

variables y por su parte la densidad aparente se encuentra alejada levemente de este grupo de parámetros físicos. Se puede ver además que, los parámetros químicos: conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, y las concentraciones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ se encuentran correlacionadas entre sí, por su parte la concentración de potasio tiende a agruparse con estos parámetros al igual que el pH. Además, se puede ver que todos los parámetros químicos a excepción del pH y presentan una asociación con la densidad aparente; mientras que, en el caso del pH, tiende a asociarse con la humedad.

Con respecto a los individuos o unidades de observación, en los puntos de muestreo a diferentes profundidades, no se distingue un comportamiento particular en este gráfico de dispersión, esto evidencia una heterogeneidad entre los resultados de los puntos de muestreo y las profundidades.

CAPITULO V

PLAN DE MANEJO DE SUELOS

Objetivo General: Reducir el impacto ambiental que generan los embalses Simbocal y Río Grande en la comunidad de influencia del proyecto mediante propuestas de prevención y control.

El plan de manejo ambiental se subdivide en 6 sub planes, que a continuación se describen:

1. Programa de mitigación
2. Programa de manejo de residuos sólidos no peligrosos
3. Programa de capacitación, comunicación y educación ambiental
4. Programa de contingencia
5. Programa de relaciones comunitarias
6. Programa de rehabilitación de áreas afectadas

1. Programa de mitigación

Objetivo: Establecer medidas de prevención para reducir y mitigar los impactos ambientales generados en el área de estudio.

Aspecto	Impacto	Medidas	Indicadores	Verificación	Periodo
Afección al caudal	Alteración del caudal del Río Grande	Mantener el caudal ecológico estimado para el río Grande aguas abajo del embalse	Controles de caudal	Registros de caudales diarios	Permanente
Inundaciones no controladas	Alteración en la superficie del suelo (erosión)	Identificar las zonas susceptibles a inundaciones.	Numero de limpiezas realizadas / número de	Registro fotográfico	Mensual



Aspecto	Impacto	Medidas	Indicadores	Verificación	Periodo
		Limpieza de sumideros y sistema de alcantarillado en los sectores susceptibles a inundaciones.	limpiezas planificadas		
Suelo salino	Alteración de la calidad del suelo	Mantener un buen drenaje y utilizar aguas con bajos contenidos de sales para el riego.	Análisis de concentración de sal en el suelo	Resultados de laboratorio	Trimestral
Suelo sódico	Alteración de la calidad del suelo	Aplicar azufre (como ácido sulfúrico) para acidificar el suelo.	Análisis de concentración de sodio en el suelo	Resultados de laboratorio	Trimestral

2. Programa de manejo de residuos sólidos no peligrosos

Objetivo: Establecer medidas para el manejo de los residuos no peligrosos que se podrían generar en el área de estudio.

Aspecto	Impacto	Medidas	Indicadores	Verificación	Periodo
Generación de residuos sólidos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo	Clasificación de residuos de acuerdo al tipo en los recipientes debidamente etiquetados.	Actividad implementada/actividad planeada) x100	Registro fotográfico	Mensual

Aspecto	Impacto	Medidas	Indicadores	Verificación	Periodo
		Registrar la generación de los residuos sólidos no peligrosos	(Residuo sólidos registrados/residuos sólidos generados) x 100	Bitácora de los residuos generados	Mensual

3. Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental

Objetivo: Implementar las medidas de capacitación y educación ambiental en la comunidad del área de estudio.

Aspecto	Impacto	Medidas	Indicadores	Verificación	Periodo
Generación de Residuos Sólidos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo por disposición de desechos	Difundir el contenido del Plan de manejo ambiental a la comunidad	(Capacitación realizada/ capacitación planeada) x100	Registro de asistencia.	Anual
		Realizar charla sobre el manejo adecuado de residuos sólidos no peligrosos y su correcta clasificación y separación.	(Capacitación realizada/ capacitación planeada) x100	Registro de asistencia.	Anual

4. Programa de contingencia

Objetivo: Aplicar los procedimientos para responder oportunamente ante una emergencia.

Aspecto	Impacto	Medidas	Indicadores	Verificación	Periodo
Acumulación de palizada y lechugines	Mal funcionamiento de las represas	Uso de maquinaria para remover los sólidos que vienen por las crecidas de los ríos	Número de crecidas de los ríos	Registro fotográfico Bitácora	Permanente

5. Programa de relaciones comunitarias

Objetivo: Mantener relaciones de buena vecindad y armonía con la comunidad

Aspecto	Impacto	Medidas	Indicadores	Verificación	Periodo
Generación de Residuos Sólidos no peligrosos	Alteración de la calidad del suelo por disposición de desechos	Difundir el contenido del Plan de manejo ambiental a la comunidad.	(Capacitación realizada/ capacitación planeada) x100	Registro de asistencia.	Anual
		Realizar charla sobre el manejo adecuado de residuos sólidos no peligrosos y su correcta clasificación y separación	(Capacitación realizada/ capacitación planeada) x100	Registro de asistencia.	Trimestral

6. Programa de rehabilitación de áreas afectadas

Programas	Medidas	Tiempo (meses)												Presupuesto (\$)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Programa de capacitación, comunicación y educación ambiental	Difundir el contenido del Plan de manejo ambiental a la comunidad													x	\$ 50,00
	Realizar charla sobre el manejo adecuado de residuos sólidos no peligrosos y su correcta clasificación y separación.													x	\$ 100,00
Programa de contingencia	En caso de uso de hidrocarburos, utilizar recipientes metálicos para su almacenamiento	En caso que se amerite												\$ 100,00	
	Capacitaciones para actuar frente a un derrame imprevisto			x			x			x				x	\$ 100,00
Programa de relaciones comunitarias	Difundir el contenido del Plan de manejo ambiental a la comunidad.													x	\$ 10,00
	Realizar charla sobre el manejo adecuado de residuos sólidos no peligrosos y su correcta clasificación y separación			x			x			x				x	\$ 100,00
Programa de rehabilitación de áreas afectadas	Reforestar las áreas de la comunidad de influencia													x	\$ 100,00
	Retirar desechos, escombros que se encuentre afectando la zona.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	\$ 50,00
TOTAL															\$ 970,00

Socialización de resultados

El cumplimiento de este objetivo nos permite informar a la comunidad sobre la situación de las condiciones agrícolas presentes en los suelos de la zona, y a su vez solicitar a los miembros de GADS y MAGAP mejorar los procesos de agricultura en la región. La socialización se realizó el 03 de Mayo del presente año, en las instalaciones del GAD Municipal de Chone, con la especial participación de representantes del GAD, Juntas Parroquiales y público en general; la misma que fue organizada en conjunto con la dirección de Comunicación y Participación Ciudadana.

Para una mejor comprensión de los resultados se utilizó un tipo de lenguaje social, mediante presentaciones de Power Point e interacción con los invitados para conocer sus inquietudes, y a su vez llevar estas inquietudes o necesidades a las autoridades correspondientes.



La gente de la comunidad se mostró muy efusiva y participativa en cuanto a los resultados obtenidos, aunque también se generó incertidumbre debido a que es la primera vez que se realiza

este tipo de estudios en el sector. Sin embargo, se les motivó a los pobladores para que continúen prestando las facilidades para continuar con la toma de datos para generar un proceso de obtención de datos fiables.

Corroborando con los datos obtenidos en la investigación, los invitados indicaron que los cultivos de mayor incidencia eran pastos y culminando con el evento de socialización, se entregó los resultados a la institución de competencia (GAD Chone) para la toma de decisiones al respecto, en el futuro.



Por parte de los representantes del GAD, su respuesta fue positiva y comentaron que brindarán su apoyo en conjunto con el Consejo Provincial y MAGAP, con el fin de ir mitigando los efectos en los suelos aledaños a las represas Simbocal y Río Grande, especialmente en el control de la industria camaronera que tienen amplia presencia agua arriba de las presas.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo con la investigación realizada se puede verificar que el sector de las represas Simbocal y Rio Grande no cuenta con un plan ambiental de manejo de suelo, el cual es una herramienta útil para generar mayor productividad de sus tierras y minimizar la contaminación generada por las represas construidas en la zona.

Según los análisis físicos químicos del suelo se infiere que los suelos de la zona de estudio en general corresponden a un tipo de suelo arcilloso de acuerdo a los valores de la densidad aparente mientras que según la densidad real recae en el tipo arenoso, además, presentan una textura franco arcilloso con respecto a su porosidad.

Las muestras de suelo analizadas de los siete puntos seleccionados son suelos que presentan baja movilidad de los elementos potencialmente tóxicos en el caso de una contingencia ambiental, presentando variaciones en el pH entre 5 y 8, debido a la baja actividad biológica que puede estar afectada por las presas ya que no existe una buena afluencia del líquido aguas abajo lo que se evidencia en las concentraciones de los principales cationes que para los perfiles 1, 2, 3, 4 y 5 se encuentran en un nivel bajo menores a 400 mg/L, lo que significa que el suelo tiene una gran capacidad de intercambio iónico mientras que para los perfiles 6 y 7 se demuestra lo contrario con concentraciones entre 800 y 1500 (mg/L) ya que en estos puntos se ubican camaroneras que aplican dosis de carbonato de calcio en el suelo como medida de desinfección del fondo de las piscinas, lo que provoca esas concentraciones elevadas del elemento calcio.

Se identificó los principales cultivos producidos en las zonas aledañas del área de estudio, siendo estos: pasto cultivado, cacao, maíz duro y banano. El pasto cultivado tuvo una representación significativa en el cantón Chone con una presencia de 53, 52 % del total de producción agrícola; seguido del cacao con 13,26% de representación en el cantón, entre las

cuales Santa Rita se encuentra como principal productor, pero con manejo inadecuado. El cultivo de maíz también tuvo presencia tanto a nivel nacional como de provincia, siendo Manabí el primer productor de maíz duro en el 2018 con un 39,48% de representación nacional; destacándose Chone como la segunda parroquia de mayor producción con porcentajes de 7% y 24% durante los últimos tres años. Aunado a esto, hay que recalcar que la parroquia de San Antonio se encuentra entre las zonas de mayor producción de maíz.

La elaboración de mapas permitió corroborar la información obtenida en la investigación sobre productividad en los sectores aledaños a las presas Simbocal y Río Grande. Se pudo identificar que el principal uso de suelos en el cantón Chone corresponde a las actividades agrícolas y pecuarias, con una disminución significativa de la presencia de bosque nativo.

Finalmente se propuso el plan de manejo ambiental para el suelo de la zona de estudio que al ser aplicado de manera correcta se beneficiará las comunidades cercanas al área de influencia de las represas, dando como resultado un mejor uso y mantenimiento de los suelos para mejorar la producción del mismo.

6.2 Recomendaciones

- Es importante implementar el plan de manejo para conservar el suelo y mitigar los impactos ambientales que afectan a este recurso.
- Realizar una continuación al presente estudio para obtener mayor información del área de influencia de la Represa Simbocal y Río Grande ya que es importante planificar y conservar con mayor eficiencia el uso y manejo del suelo.
- Generar una base de datos confiables para tener mayor información de los parámetros físicos y químicos de la zona de estudio para poder realizar un análisis estadístico multivariable de mayor confiabilidad.

6.3 Bibliografía

- AGRICHEM. (2016). *Sales del suelo: su importancia y manejo*. Obtenido de <https://agrichem.mx/sales-del-suelo-importancia-manejo/>
- Almorox, J., López, F., & Rafaelli, S. (2016). *La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de Estimación*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Alonso, S., Torralba, M., Cermeño, F., & Barbero, F. (2016). Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. *Revista de Agricultura y Ecología Layout*(1), 13-38.
- Andrade, J., & Olaya, A. (2017). Impactos Ambientales de las represas alrededor del mundo. *Revista Científica Monfrague Desarrollo Resiliente*, 9(2), 1-22.
- Andrades, M. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. España: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.
- Angella, G., & Salgado, R. (2016). *Conceptos básicos de las relaciones agua-suelo-planta*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/322888562_Conceptos_basicos_de_las_relaciones_agua-suelo-planta
- Barbosa, H. (2015). *Remediación de Suelos*. México: Tecnológico de Estudios Superiores Oriente del Estado de México.
- Barriga, S. (2003). *Diagnóstico de la salinidad de los suelos cultivados en las principales áreas bajo riego en el Ecuador*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Bautista, A., Etchevers, J., Castillo, R., & Gutiérrez, R. (2014). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente Ecosistemas*, 13(2), 54-66.
- Blair, E. (2007). *Manual de Riego y Avenamiento*. Lima: IICA.
- Burbano, H. (2017). La calidad y salud del suelo influyen sobre la naturaleza y la sociedad. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Nariño*, 18(1), 118-126.

- Carrera. (2012). *Salinidad en suelos y aguas superficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Mateguala, San Luis Potosí*. México: Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
- Carrera, D., Guevara, P., & Gualichicomín, N. (2014). *Caracterización físico-química desde el punto de vista agrícola de los suelos en la zona de riego del proyecto multipropósito Chone*. Sangolquí: IX Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE.
- Carrera, D., Ortega, H., Ramírez, J., Ramírez, C., Trejo, C., & Becerril, E. (2011). Boro, fosfatos e índices de salinidad del sistema hidrográfico. *Revista de Tecnología y Ciencias del Agua*, 2(2), 1-7.
- Casado, C., García, C., Montes, E., Barcelo, & Menes. (2015). The effect of an irrigation and hydroelectric reservoir on its downstream communities. *Regulated Rivers. Research and Management*(4), 275-284.
- Castelán, R., López, L., Tamariz, V., Linares, G., & Cruz, A. (2017). Erosión y pérdida de nutrientes en diferentes sistemas agrícolas de una microcuenca en la zona periurbana de la ciudad de Puebla, México. *Terra Latinoamericana*, 229-235.
- CFN. (Febrero de 2018). *Corporación Financiera Nacional*. Obtenido de Ficha sectorial: Cacao y Chocolate: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>
- Chapalba, P. (2016). *Modelo de gestión ambiental, responsabilidad y participación social para la parroquia Licán, cantón Riobamba, provincia Chimborazo*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- CHONE, G. (2014-2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chone*. Chone.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Montecristi: Registro Oficial 449.
- De Noni, G., & Trujillo, G. (2010). *Degradación del suelo en el Ecuador. Principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso*. Quito: MAG-ORSTOM.
- Díaz, C., Herrera, C., & Prada, K. (2018). Características físico químicas de suelos con relación a su conformación estructural. *Revista de Investigación e Innovación en Ingenierías*, 6(1), 58-69.

- DOF. (2002, Diciembre 31). *Diario Oficial de la Federación: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*. Retrieved Mayo 13, 2018, from http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4667621&fecha=03/07/1981
- Elvira, B., & Almodóvar, A. (2008). Restauración Fluival: ríos sin barreras. *Ciencia y Conservación*(161), 132-133.
- Emery, X. (2013). *Geostatística*. Santiago de Chile: Universidad de Chile .
- Fabelo, J. (2016). Propuesta de metodología para la recuperación de suelos contaminados. *Revista Centro Azúcar*, 44(1), 53-60.
- FAO. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved Abril 17, 2015
- GADM Chone. (2014). *GAD Muncipal del Cantón Chone: Documentación pública*. Retrieved Mayo 27, 2018, from <https://www.chone.gob.ec/pdf/pdyotcantonchone.pdf>
- Gallart, F. (2017). *La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART%20-%20La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20suelo%20como%20indicador%20de%20la%20capacidad%20de%20uso%20de%20los%20suelo....pdf?sequence=1>
- García , D. (2015). *La regulación de los caudales y su efecto en la biodiversidad*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Gobierno Vasco. (2018, Enero 21). *Medio Ambiente: Suelo*. Retrieved Mayo 26, 2018, from http://www.euskadi.eus/web01-a2inglur/es/contenidos/documentacion/manual_practico_suelo/es_doc/index.shtml
- González, I., Déjean, S., Martin, P., & Baccini, A. (2008). CCA: An R Package to Extend Canonical Correlation Analysis. *Journal of Statistical Software*, 23(12).
- González, J., Guerra, F., & Gómez, H. (2006). Conceptos básicos de geoestadística en geografía y ciencias de la tierra: manejo y aplicación. *Geoenseñanza*, 12(1), 81-90.
- Härdle, W., & Simar, L. (2007). Canonical Correlation Analysis. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 321-330. doi:10.1007/978-3-540-72244-1_14

- Hernández, A., Vera, L., Naveda, B., Guzmán, A., Vivar, M., Zambrano, T., & López, G. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo. *Revista Cultivos Tropicales*, 38(1), 50-56.
- Hernández, G., Álvarez, N., & Ríos, L. (2017). Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática. *Sanidad vegetal y protección de cultivos*, 18(1), 139-159.
- Ibáñez, J. (2007). *pH del Suelo*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>
- IEE. (2013, Diciembre). *Instituto Espacial Ecuatoriano: CANTÓN CHONE*. Retrieved Mayo 28, 2018, from <http://www.ideportal.iee.gob.ec/nacional/cantonal/chone.html>
- IGM. (2017). *Información Cartográfica-Geográfica del IGM*. Retrieved Abril 15, 2018, from <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/cartografia-de-libre-acceso/>
- INEC. (2017). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Agricultura en Ecuador*. Quito: INEC.
- Jiménez, B. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos*. Madrid: Editorial Mundi Prensa .
- Lara, M. (2019). *Salinidad y fertilidad de los suelos después de la operación de las presas*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- León, A. (2014). *Diseño de una presa, de materiales sueltos, en el río Grande del proyecto multipropósito Chone*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- López, J. (2017). *Erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Ambato en un escenario de cambio climático mediante el modelo*. Riobamba: Universidad Nacional del Chimborazo.
- MAE. (2015). Anexo 2 norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. In *Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente* (Edición Especial N° 387 ed., pp. 26-38). Quito: Registro Oficial.
- MAE. (2015). *Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria*. Quito-Ecuador: Cep.
- MAGAP. (2013). *Memoria Técnica del Cantón Chone*. Chone: MAGAP.

- MAGAP. (2016, 2017, 2018). *Sistema de Información Pública Agrícola*. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/acerca-del-sipa/sistema-informacion-publica-agropecuaria>
- MAGAP. (2017). *Boletín situacional del cacao*. Obtenido de http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/boletin_situacional_cacao_2017.pdf
- Merino, L. (2016). *Fisiología bacteriana*. Obtenido de <http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Microbiologia/images/Documentos/2016/Fisiolog%C3%ADa%20Bacteriana-METABOLISMO%20para%20c%C3%A1tedra.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2018). *MAE conmemora Día Mundial de Lucha contra la desertificación y la sequía*. Quito: Gobierno de la República del Ecuador.
- Molina, E., & Meléndez, G. (2015). *Cuadro de interpretación de análisis de suelos*. Costa Rica: Centro de Investigación Agronómica, Universidad de Costa Rica.
- Moreno, A., & Trillo, D. (2001). *El análisis de correlación canónica como instrumento para la evaluación de la eficiencia*. Documentos de Trabajo de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- Morocho, M., Villanuevo, R., & Soriano, G. (2017). Análisis de mediciones de temperatura en suelo sin perturbar en Guayaquil-Ecuador. *Revista Politécnica*, 40(1), 1-6.
- Muñoz, G., & Zambrano, M. (2016). *Percepción socio ambiental de las comunidades Platanales y Sánchez por la construcción de Represa de Río Grande, cantón Chone, Manabí*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Newcombe, G., & Macdonal, C. (2017). *A Randomised clinical trial to determine the abrasive effect of the tongue on human enamel loss with and without a prior erosive challenge*. Estados Unidos: University of Bristol.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2016). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Roma: Instituto Internacional de Agricultura Tropical.

- Orozco, C., Flores, H., & Chavez, A. (2013). *Calidad del agua del embalse de la presa la vega y su impacto en las tierras agrícolas bajo riego*. Jalisco: Centro de Investigación Regional Pacífico Centro.
- Pazmiño, J., & Rodríguez, M. (2017). *Impactos socio-ambientales que ha generado el reasentamiento por la construcción de la presa Río Grande*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
- Pellegrini, A. (2016). *Potasio calcio y magnesio del suelo*. Obtenido de http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35408/mod_resource/content/1/14%20-%20CALCIO%2C%20MAGNESIO%20Y%20POTASIO.pdf
- Pérez, A. (2018). *Riesgo de Sodicidad en los Suelos de Cantón Milagro, Guayas Ecuador en Época de Estiaje*. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v42n2/2477-8990-rpolit-42-02-00015.pdf>
- Pizarro, D., & Sosa, N. (2016). *La problemática ambiental en los proyectos de grandes presas*. Argentina: Universidad de Córdoba.
- Plan de Desarrollo Nacional. (2017). *Secretaría Nacional de Desarrollo*. Quito.
- Porta, J., Marta, L., & Roquero, C. (2003). *Edagología Para la Agricultura y el Medio Ambiente* (Tercera ed.). Madrid: Mundi-Presa.
- Rojas, J. (2012). *Densidad Aparente*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf
- Sandoval, F., Cortéz, Y., Reyes, L., & Hernández, I. (2017). Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña. *Revista de Sistemas Experimentales*, 25-32.
- Saturnino, A., Álcazar, M., & Cermeño, F. (2017). Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. *Revista de Agricultura y Ecología*, 7(1), 14-38.
- SENPLADES. (2017, Octubre 26). *Temas importantes: Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Retrieved Abril 6, 2018

- Silva, A., Colmenares, C., & Álvarez, J. (2017). Análisis multivariado de la fertilidad de los suelos en sistemas de café orgánico en puente Abadia, Villavicencio. *Revista U.D.C.A Act.*, 20(2), 289-298.
- Silva, S., & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*, 12(33), 13-34.
- Soto, J. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 167-177.
- TETRA. (2012). *La importancia del calcio*. Obtenido de www.tetrachemicals.com/getFile.asp?File_Content_ID=963
- Viera, M., Jami, L., Carrera, D., Masabanda, M., Merizalde, M., Mora, M., . . . Delgado, V. (2018). Caracterización físico-química del suelo del botadero de Portoviejo y análisis de la distribución espacial de cromo (VI), níquel, bromo y hierro. *Investigación y Desarrollo*, 1(2), 1-10.
- Villamil, A. (2017). *Economía y Medio Ambiente*. Madrid: Editorial Universidad Ramón Areces.
- Volke, S., Velasco, T., & De la Rosa, P. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides*. México: Instituto Nacional de Ecología INE.
- Yáñez, M., Cantú, I., González, H., Marmolejo, J., Jurado, E., & Gómez, M. (2017). Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(42), 123-149.
- Zambrano, L., & García, G. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia colón, cantón portoviejo, provincia de manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013*. Obtenido de <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/determinacion%20de%20solidos%20totales%2c%20suspendidos%2c%20sedimentados%20y%20volatiles.pdf>