

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**  
**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE MATAGALPA**



**Monografía para optar al título de ingeniero agrónomo**  
**EFEECTO DE BIOINDICADORES DE CALIDAD DE SUELO Y AGUA SOBRE EL**  
**BIENESTAR HUMANO EN FINCA EBENEZER, COMUNIDAD LA REYNA, SAN**  
**RAMÓN – MATAGALPA 2019.**

**Autores**

Br. Francisco José Reyes Mendoza

Br. Wilfredo Urbina Urbina

**Tutora**

Ing. Anielka Karina Chavarría López

**Asesor**

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Ing. Tatiana Massiel Laguna Sevilla

**Matagalpa, diciembre 2019**





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**  
**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE MATAGALPA**



**Monografía para optar al título de ingeniero agrónomo**  
**EFEECTO DE BIOINDICADORES DE CALIDAD DE SUELO Y AGUA SOBRE EL**  
**BIENESTAR HUMANO EN FINCA EBENEZER, COMUNIDAD LA REYNA, SAN**  
**RAMÓN – MATAGALPA 2019.**

**Autores**

Br. Francisco José Reyes Mendoza

Br. Wilfredo Urbina Urbina

**Tutor**

Ing. Anielka Karina Chavarría López

**Asesor**

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Ing. Tatiana Massiel Laguna Sevilla

**Matagalpa, diciembre 2019**



## DEDICATORIA

**A Dios:** por habernos permitido cumplir cada una de nuestras metas, por bendecirnos en cada paso que dimos para poder llegar hasta donde hemos llegado en este proceso de formación profesional.

**A nuestros padres y hermanos:** quienes forman un pilar fundamental en nuestras vidas, apoyándonos en cada decisión que hemos tomado; por ser quienes sin su ayuda esto no podría haber sido posible.

**A MSc. Francisco Chavarría** por su paciencia, sus valiosos aportes profesionales y por su dedicación tanto como amigo y educador a motivarnos a siempre seguir adelante y ser mejor persona cada día.

**A los docentes Evelyn Calvo, Julio Laguna, Jairo Rojas, Virginia López, Rosa María Vallejos y Amaru Martínez,** por sus enseñanzas durante todos estos años y por el apoyo incondicional en algunos momentos de nuestra formación profesional y por ser parte fundamental para el crecimiento educativo

**A nuestros compañeros,** por haber convivido con nosotros durante estos cinco años de nuestra formación.

**And to all of our friends** who encouraged us to never give up on our dreams, to do what we love and strive for success and happiness.

**Br. Wilfredo Urbina Urbina**

**Br. Francisco Reyes Mendoza**



## OPINION DEL AUTOR

Por medio de la presente extiendo valoración sobre el trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de los Egresados **FRANCISCO JOSÉ REYES MENDOZA** y **WILFREDO URBINA URBINA**, con el título “**Efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en Finca Ebenezer, comunidad la Reyna, San Ramón – Matagalpa, 2019**”.

Según mi valoración, el trabajo presentado por **REYES MENDOZA** y **URBINA URBINA**, cumple con lo estipulado por la UNAN Managua en el Reglamento de Régimen Académico. Existe coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones.

El trabajo realizado por los colegas, se constituye en un importante esfuerzo por contribuir a la valoración de los bioindicadores de calidad de suelo y su efecto en la mejora del bienestar humano.

Deseo todas las bendiciones para que los estimados egresados **Reyes** y **Urbina**, logren alcanzar sus próximas metas.

---

Anielka Karina Chavarría López

Tutora

## RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano, con el fin de determinar la calidad de suelo y agua de la quebrada en la finca Ebenezer durante el año 2019 en el municipio de San Ramón – Matagalpa. Se realizaron muestreos y análisis de suelo en 2 parcelas de la finca, una en el área de café y otra en el área de granos básicos; asimismo del agua de la quebrada; del mismo modo, se capturaron macroinvertebrados, para determinar los valores de parámetros físicos, químicos y biológicos. Los resultados muestran buena calidad de suelo, pero diferencias significativas entre ambas parcelas con respecto a los parámetros evaluados; se encontró baja diversidad de organismos de suelo, aunque abundancia de tijeretas (*Labidura riparia*), lombrices (*Eisenia foetida*) y termitas (*Reticulitermes lucifugus*), sobre todo en parcela de café donde su porcentaje de materia orgánica es de 4.67%; mientras que en el área de granos básicos es de 4.40%. El agua proveniente de la quebrada se encuentra sin presencia de patógenos, aunque los resultados de DBO y DQO muestran hay algún tipo de residuo de origen municipal. Los valores presentan que el suelo esta en buenas condiciones lo que conlleva a beneficios económicos, sociales y ambientales para el productor y su familia; sin embargo, el agua de la quebrada esta contaminada lo que causa un efecto negativo y poco beneficioso para el productor.

**Palabras clave:** Bioindicadores, Bienestar, macroinvertebrados, calidad de suelo, calidad de agua.

## ABSTRACT

The present study evaluated the effect of bioindicators of soil and water quality on human well-being, in order to determine the quality of soil and water in the creek on the Ebenezer estate, during the year 2019, in the municipality of San Ramón – Matagalpa. Soil sampling and analyses were performed on two plots on the farm, one in the coffee area and another in the basic grains area; also, of the water in the creek; in the same way, macroinvertebrates were captured to determine the values of physical, chemical and biological parameters. The results show good soil quality, but significant differences between both plots regarding the parameters evaluated; it was found low soil organisms' diversity, but abundance of earwigs (*Labidura riparia*), red worms (*Eisenia foetida*) and termites (*Reticulitermes lucifugus*), especially on the coffee plot, where the organic matter percentage is 4.67%, while in the basic grains area it's 4.40%. The water in the creek was found without the presence of pathogens, although the result of BOD and COD show that there's some type of municipal residue. The values exhibit that soil is in good conditions which carries economic, social and environmental benefits for the producer and his family; However, the water in the creek is contaminated which causes a negative and unfavorable effect for the producer.

**Keywords:** Bioindicators, well-being, macroinvertebrates, soil quality, water quality.

## ÍNDICE

<b>1.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 PREGUNTAS DIRECTRICES.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.1 Pregunta General .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.2 Pregunta Específicas .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5 OBJETIVOS DE INVESTIGACION .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.1 Objetivos General.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2 MARCO TEORICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1 CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>5.3 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

## CAPITULO I

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El suelo de acuerdo con INTAGRI (2018) es un cuerpo natural de gran importancia que proporciona servicios ambientales, permite el crecimiento de las plantas, almacena agua y retiene nutrientes, además es un reservorio de organismos como bacterias, hongos, nematodos, etc. Para lograr que el suelo funcione de forma correcta, es importante el uso de prácticas de manejo encaminados a mejorar la salud del suelo y con ello lograr beneficios agronómicos (aumentar productividad y la rentabilidad de los cultivos) y ambientales, inmediatos y en el futuro.

El agua tiene dos dimensiones que están muy relacionadas, calidad y cantidad. En los últimos años el concepto de calidad de agua ha ido cambiando rápidamente de un enfoque puramente físico-químico a otro que integra todos los componentes del ecosistema según Pérez (2016). Actualmente, muchos países están apoyando el uso de comunidades acuáticas y el estudio de su comportamiento a través del tiempo (biomonitoreo) como herramienta fundamental para evaluar la calidad de las aguas superficiales continentales

Dicha investigación se desarrolló con el financiamiento de la Organización para el Desarrollo Económico y Social para el Área Urbana y Rural (ODESAR), quien trabaja en conjunto con la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN), FAREM Matagalpa.

Se logró evaluar el efecto de los bioindicadores de la calidad de suelo y agua al bienestar humano en la finca Ebenezer ubicada en la comunidad la Reyna, a 15 kilómetros de Matagalpa, para que los productores tomen en cuenta, la importancia que tienen estos para contribuir a mejorar la calidad de los suelos y agua. El propósito de este trabajo es infundir los conocimientos de bioindicadores de suelo y agua, el uso de estos en la planificación de sus sistemas de producción y el impacto que tiene en el mejoramiento de la calidad de vida en esta comunidad.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las propiedades de la unidad producción en estudio una de las principales problemáticas es el desconocimiento como la mayoría de productores a nivel nicaragüense sobre la forma correcta del uso de suelos y las prácticas menos dañinas para la conservación de suelos y agua.

El estudio se realizó en la finca Ebenezer, en la comunidad La Reyna, en San Ramón, Matagalpa. La finca cuenta con una quebrada como su fuente de agua la cual se encuentra ubicado a un costado del área de café. El agua obtenida del afluente es utilizada para uso agrícola en las ares de café y granos básicos.

Al realizar prácticas agrícolas no apropiada se causa daño a muchos de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo. Los microorganismos de suelo, se ven afectados; así mismo la posibilidad de formación y mejora de suelos ante la falta de cobertura de estos mismos; esto tiene serias repercusiones en la economía de las familias, al obtener menores rendimientos de cosecha, incrementar los costos de producción y los efectos ambientales y a la salud debido a la utilización de agroquímicos para poder producir.

Los residuos químicos son arrastrados cuando llueve y la escorrentía del agua erosionan los suelos y perjudican a las familias aledañas, cabe destacar que también de esta forma se contaminan las fuentes hídricas quedando así sin una fuente de agua segura para su consumo.

Lo que nos lleva a la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto que tiene la presencia de bioindicadores en suelo y agua sobre el bienestar humano de la familia en la finca Ebenezer?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

A nivel de Centroamérica, Nicaragua es el país donde se reportan los más bajos rendimientos productivo de continuar cultivando en suelos altamente degradados e implementando prácticas y tecnologías no apropiadas, los rendimientos productivos serán decrecientes, en un futuro no muy lejano, las actividades agropecuarias no serán rentables (Progres, 2014; citado por Aráuz y Campos, 2017).

El deterioro progresivo de los sistemas medio-ambientales por los efectos de la explotación indiscriminada de los recursos naturales y el aumento de la pobreza, es una amenaza para el futuro de todas las especies, incluyendo la humana (FAO, citado por Arauz, & Campos, 2017)

La Reyna es una comunidad ubicada en el municipio de San Ramón perteneciente al departamento de Matagalpa, en esta comunidad se encuentra la finca Ebenezer propiedad de productor Julio López Ochoa. Actualmente su rendimiento de cosechas en los cultivos de café y granos básicos es bajo dejando pérdidas para el por el dinero invertido, En esta finca existe la escasez de agua, imposibilitando la implementación de un sistema de riego en caso de sequias.

Por medio de la presente investigación se logró evaluar el efecto de los parámetros de calidad de suelos, especialmente bioindicadores sobre el bienestar humano en la finca Ebenezer.

Los resultados de la presente investigación sobre la calidad de suelo y agua en el área de estudio servirán como guía para el productor de la finca con respecto al uso que se le puede dar al agua y al manejo del suelo según las condiciones que estos presentan. También podrán ser tomados como referencia por diferentes productores para realizar estudios y se puedan crear planes de conservación y mejoramiento de suelo y fuentes de agua. A los estudiantes de la carrera de ingeniería agrónomas y carreras afines les servirá como bibliografía para sus estudios y poder comparar sus conocimientos con los resultados obtenidos a nivel de este estudio y así poder dar posibles soluciones a problemas similares a esta investigación.

## **1.4 PREGUNTAS DIRECTRICES**

### **1.4.1 Pregunta General**

¿Qué efecto tienen los bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en la Finca Ebenezer, Comunidad Reyna, San Ramón – Matagalpa 2019?

### **1.4.2 Pregunta Específicas**

¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos de la finca Ebenezer en la comunidad La Reyna?

¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico de la finca Ebenezer en la comunidad La Reyna?

¿Cómo afectan los bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar de la familia en la finca en estudio?

## **1.5 OBJETIVOS DE INVESTIGACION**

### **1.5.1 Objetivos General**

Determinar el efecto de los bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en la Finca Ebenezer, Comunidad La Reyna, San Ramón – Matagalpa 2019.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

Identificar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos de la finca Ebenezer en la comunidad La Reyna.

Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico de la finca Ebenezer en la comunidad La Reyna.

Describir el efecto que tienen los bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar de la familia en la finca en estudio.



## CAPITULO II

### 2.1 MARCO REFERENCIAL

#### 2.1.1 ANTECEDENTES

En Joa, Cantón Jipijapa de la provincia de Manabí en Ecuador, se realizó investigación para determinar la potencialidad nutricional de los suelos. Las variables analizadas fueron N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn, B, Mo y pH del suelo las cuales fueron realizados en el Laboratorio de Suelos, Tejidos. Vegetales y Aguas del INIAP – Estación Experimental Pichelingue. Los resultados fueron un nivel óptimo en la mayoría de nutrientes, no así en nitrógeno que fue bajo. La textura de los suelos oscila entre franco arcilloso a franco limoso y un pH entre neutro y alcalino (7-8). El diagnóstico señaló que los agricultores no aplican prácticas agrícolas de conservación de los suelos y que sus labores empleadas están relacionadas con una agricultura convencional (Quimis-Gomez, Jaramillo, Alvarez, & Rodriguez, 2018)

Se retomó estudio que se realizó con el objetivo de describir los principales indicadores microbiológicos empleados para la evaluación del agua potable, como elementos clave para proponer un nuevo esquema de monitoreo en Colombia. Los resultados permiten considerar como bioindicadores, además de las bacterias y protozoos establecidos en la norma, algunos agentes microbianos como virus u otras bacterias y parásitos. Por otro lado, indican la necesidad de establecer valores de referencia y definir los microorganismos a emplear con base en evaluaciones específicas de la situación microbiana del agua, en monitoreo de validación, operación y verificación. (Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid, Gutiérrez-Builes 2017)

En once municipios de Nicaragua, comprendidos entre los departamentos de León y Chinandega en el periodo febrero 2010 a noviembre 2010. Se realizó estudio con el objetivo de analizar el estado actual de los suelos agrícolas, considerando los indicadores biológicos más comunes, respiración microbiana del suelo e índice de mineralización. La estimación de la respiración del suelo brinda información sobre la dinámica de los microorganismos y de la salud del suelo. La actividad microbiana relacionadas con el tipo de manejo de los suelos, demuestran que la menor actividad se presenta en suelo bajo sistemas convencionales del

departamento de Chinandega. Al calcular el índice de mineralización de los suelos por municipio se obtuvo que Quezalguaque con un 1.26% fue el municipio que presentó un índice mayor de materia orgánica, por lo contrario, La Paz Centro presentó un 0.195% de materia orgánica (Ochoa & Urroz, 2011).

En el presente año 2019 se realizó estudio sobre el rescate de saberes de los bioindicadores climáticos y el impacto que tiene en el bienestar del ser humano en las comunidades Yucul y el Naranjo en el municipio de San Ramón, Departamento de Matagalpa. Donde constataron que los pobladores tienen amplio conocimiento de bioindicadores climáticos y se logró identificar junto con ellos las especies de bioindicadores existentes, teniendo en cuenta de que algunas especies de bioindicadores han disminuido su población debido al cambio climático, por lo tanto se necesitan tomar acciones, como la reforestación, especialmente con las especies que sirven como bioindicadores y para que las especies de fauna tampoco tengan que emigrar de las comunidades, así conservar los bioindicadores climáticos de las comunidades estudiadas. (Montoya, Montenegro & García 2019)

## **2.1.2 MARCO TEORICO**

### **2.1.2.1 La biota**

El proyecto Universidad en el campo (2011) dice que la biota del suelo la compone el conjunto de la fauna y la flora que viven en él. en sí, la biota es el conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada del suelo.

De la misma manera hace referencia que ejercen tres acciones fundamentales: Constituyen la fuente de material original para la fracción biológica del suelo (vegetales y animales) que al morir se incorporan al suelo y sufren profundas transformaciones; ejercen importantes acciones de alteración de los materiales edáficos, es decir los que se refieren específicamente a las plantas; producen una intensa mezcla de los materiales del suelo como resultado de su actividad biológica.

### **2.1.2.2 Red trófica del suelo**

FAO (2015) destaca que cuando los diversos organismos del suelo interactúan entre sí y con las plantas y animales del ecosistema, forman una compleja red de actividad ecológica denominada red alimentaria del suelo (red trófica edáfica). La resiliencia de la red alimentaria está inexorablemente ligada a la biodiversidad del suelo.

### **2.1.2.3 Calidad de suelo**

Según Martínez (2012) en su investigación describe el suelo como un recurso dinámico que sustenta la vida de las plantas. Regula la distribución del agua de lluvia y de irrigación, almacena nutriente y otros elementos, actúa como un filtro que protege la calidad del agua, del aire y de otros recursos. Está formado por partículas minerales de diferente tamaño (arenas, limos y arcillas), materia orgánica, así mismo de numerosas especies de organismos. La calidad del suelo es la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o tratado para sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad tanto del agua como del aire, y sustentar la salud humana.

La calidad de suelo indica que tan aptos son estos suelos para la explotación que el ser humano desea emplear o si estos suelos están demasiados desgastados por las mismas actividades que se llevan a cabo en él. La sobre explotación de los suelos nos ha dejado con suelos de baja calidad productiva entre los principales problemas que nos encontramos son suelos sin organismos benéfico, suelos erosionados por la lluvias o suelos con poca materia orgánica.

#### **2.1.2.4 Indicadores de calidad de suelos**

La calidad de los suelos puede depender de diversos factores que ejercen sobre él significativos cambios, a continuación, se nombran algunos de estos indicadores para el monitoreo de la calidad de suelos.

##### **a. Indicadores físicos**

En su informe Singer y Ewing (2000) detallan que las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo. Son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros.

Acorde a información de Bautista, Etchevers, Del Castillo y Gutiérrez (2004), la estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

El conocimiento de los indicadores físicos del suelo es de gran importancia para evaluar la calidad que tienen los suelos nos permiten ver qué tipo de suelo tenemos según su composición, además de saber si es un suelo compacto o un suelo que retiene mucha agua.

### **b. Color del suelo**

Un estudio realizado por MAG y FAO (2013), demuestras que los suelos en general tienen color oscuro. El color se aclara a medida que se profundiza.

Los suelos de color oscuro generalmente son más ricos en materia orgánica. Los color pardos, rojizos y amarillentos, indican que los suelos son bien aireados y no encharcan. Los colores grises y manchados de verde azulosos, indican que los suelos permanecen mucho tiempo encharcados.

### **c. Moteado del suelo y su abundancia**

En sus investigaciones Graham (2000) menciona que el moteado son manchas de color diferente esparcido con el color de la tierra dominante.

El número, tamaño y color del moteado de la tierra es un buen indicador del grado de aireación de la tierra. La pérdida de estructura reduce el número de macro poros y micro poros que conducen aire - agua.

Con la pérdida de poros, en el suelo el oxígeno se reduce y el dióxido de carbono aumenta. Producto de ese fenómeno se forman moteados colores naranjas los que finalmente toman color gris. Una alta proporción de moteado gris, indica que la tierra estuvo anegada faltándole oxígeno una buena parte del año. Esto puede influir directamente en el uso que la misma pueda tener en el siguiente ciclo.

### **d. Compactación del suelo**

Según FAO (2016) se describe la compactación del suelo es el incremento en densidad y disminución de macro porosidad en el suelo, que perjudica las funciones del mismo e impide la penetración de las raíces y el agua y el intercambio gaseoso.

La compactación del suelo puede reducir el rendimiento agrícola hasta un 60%. La mala gestión agrícola (80%) y el sobrepastoreo (16%) son las dos principales causas antrópicas de compactación. Considerando la zona del país donde se analiza el suelo, puede conllevar a mermas en los cultivos autóctonos.

#### **e. Cobertura del suelo**

Es de vital importancia retomar lo que Graham (2000) plantea sobre la presencia de cobertura, siendo ésta los residuos de la cosecha o paja, ya que proporciona beneficios significativos para estimular el aporte y reciclaje de los nutrientes, protección de la tierra y mejora de la condición física y química del suelo.

Estos beneficios varían principalmente según la aplicación de prácticas y clima. Variando incluso de la zona en la que se encuentren. La descomposición de la biomasa y su transformación en materia orgánica, incide sobre el entorno de la raíz, aumentando el suministro de nutrientes disponibles para microorganismos que fortalecen la actividad biológica.

#### **f. Profundidad del suelo**

En su estudio Arteta (2007) refiere que es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables. En un suelo profundo las plantas resisten mejor las sequías ya que a mayor profundidad hay más capacidad de retención de humedad.

#### **g. Textura del suelo**

Se debe destacar que acorde a FAO (2019) la textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

#### **h. Propiedades físicas de los suelos**

Herrera (2019) expresa que el suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas. La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo.

Reyes Mendoza (2010) destaca que, para el desarrollo sostenible de la agricultura en todo país, se inicia con la obtención de una base de datos sobre la calidad de los suelos que este posee, calidad desde el punto de vista de la fertilidad y su capacidad de suministrar los elementos esenciales para el buen desarrollo de los cultivos.

Y el manejo óptimo de la tierra en congruencia con los objetivos de una sociedad y el desarrollo sostenible.

Reyes Mendoza (2010) continúa exponiendo sobre la fertilidad del suelo, señala que la fertilidad es la capacidad de éste para mantener una cubierta vegetal. En la fertilidad intervienen todas las características del suelo, sean físicas, fisicoquímicas o químicas.

Llevando el estudio hacia la realidad nicaragüense, Reyes Mendoza (2010) expone que estudios previos sobre suelos nacionales. Los suelos del Pacífico de Nicaragua son de origen volcánico reciente, y localmente han sido afectados por erupciones durante los últimos 10,000 años.

Siendo esta tierra conformada por volcanes activos y estando más cercanos a la costa Pacífica, donde las cenizas son llevadas por los vientos dominantes, la renovación de la fertilidad de los suelos por esta acción ha sido menor en la vertiente caribeña. A veces oímos que los suelos volcánicos son todos fértiles, aunque en realidad son muy variables en calidad.

Su fertilidad depende tanto de la naturaleza del material volcánico original como de su susceptibilidad hacia los procesos principales de la formación de suelos; clima (temperatura,

humedad, vientos), flora, fauna, relieve, drenaje, tiempo y el impacto humano. Su buena porosidad permite cultivar en laderas con fuertes pendientes, aunque muchos muestran deficiencias de fósforo, azufre y del micronutriente boro.

#### **i. Estructura y consistencia**

MAG; FAO (2013) determina que la estructura y consistencia es un indicador primario de la “salud del suelo”. La estructura del suelo es la arquitectura del suelo, es decir, es la forma en que las partículas sólidas y los espacios están ordenados. Los buenos suelos tienen una mezcla de micro poros y macro poros: los macro poros para la entrada de agua y el drenaje, los micro poros para el almacenaje de agua. Un suelo con buena estructura es fácil de cultivar y no es arrastrado fácilmente por la lluvia ni por el viento. El aire y el agua penetran bien al suelo y las raíces de las plantas tienen un buen desarrollo

Considerando la estructura del suelo y análisis realizados sobre los mismos, se pueden brindar recomendaciones sobre la viabilidad de cierto tipo de actividades que permitan la sostenibilidad del ecosistema circundante.

#### **j. Porosidad**

En su estudio Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill (2004) describen que los espacios porosos se pueden distinguir macro poros y micro poros. Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo, además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas.

La porosidad total o espacio poroso del suelo, es la suma de macro poros y micro poros. Las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo.

#### **k. Tasa de infiltración**

*“Es el proceso a través del cual el riego o agua de lluvia, ingresa al suelo a través de la superficie, hacia sus capas inferiores, en forma vertical y horizontal” (CITRA, 2017)*



Pérez (2016) destaca que el agua antes infiltrada llena los almacenes disponibles y reduce las fuerzas capilares que hacen entrar el agua en los poros. Las partículas de arcilla en el suelo pueden hincharse cuando se mojan, y así reducen el tamaño de los poros. En áreas donde la tierra no está protegida por una capa de residuos forestales, las gotas de lluvia pueden separar las partículas del suelo superficial y lavar las partículas finas en los poros superficiales, lo que puede impedir el proceso de infiltración.

### **l. Saturación**

*“Es el contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire”* (Portalfruticola, 2017).

### **m. Capacidad de campo**

Andrades, Moliner, & Masaguer (2015) exponen que la capacidad de campo como el contenido de agua o humedad, que es capaz de retener el suelo una vez saturado y después de haber drenado libremente y evitando la pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice, por lo general alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego.

### **n. Punto de marchitez permanente**

El Punto de marchitez permanente (P.M.P), según Cisnero (2010), es el porcentaje de humedad retenida a una tensión aproximada de 15 atm en la cual las plantas no pueden reponer el agua suficiente para recobrar su turgencia y la planta se marchita permanentemente. También el P.M.P. depende de la especie vegetal, cantidad de agua utilizada por los cultivos, profundidad de raíces, capacidad de retención del suelo, etc.

En términos de tipo de agua el P.M.P. representa el agua no disponible, es decir, agua que se encuentra fuertemente retenida por diferentes fuerzas y que las plantas se les dificulta su aprovechamiento.

#### **o. Densidad aparente**

*“La densidad aparente de los suelos la constituye el peso de una unidad de volumen de suelo seco con una estructura natural”* (Cairo, 1995).

Pritchett (1990) define que la densidad aparente es una propiedad que está estrechamente ligada con la compactación, la porosidad, la circulación del agua y aire en el suelo; por tanto, ésta es de gran interés para el desarrollo de los cultivos

### **2.1.2.5 Propiedades químicas de los suelos**

#### **a. Indicadores químicos**

*“Los minerales de la roca, al entrar en contacto con el agua o el aire, se disuelven o se oxidan, dando origen a sustancia con propiedades diferentes a los minerales primitivos”* (González, Hernández, Neyra, & Torrez, 2014)

#### **b. pH del suelo**

Foth (2012) especifica en su estudio que el pH del suelo es una medida de la acidez o la alcalinidad. Por lo general, el pH se considera como una propiedad muy importante, ya que éste tiende a estar correlacionada con otras propiedades, tales como el grado de saturación de bases, la disponibilidad de nutrientes, estabilidad de agregados, actividad biológica, entre otros. La determinación de la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) en la solución del suelo, permite medir el grado de acidez o alcalinidad.

#### **c. Materia orgánica**

CRS (2016) alega que la materia orgánica es definida como la fracción orgánica del suelo, que incluye residuos vegetales y animales en los suelos; ésta ha sido considerada el factor

clave de la calidad de un suelo -dado que afecta sus propiedades físicas y químicas, y es el principal reservorio de CO<sub>2</sub> en el planeta

Derpsch & Benites (2003) aluden que la materia orgánica consiste en residuos vegetativos bajo descomposición desde un estadio muy fresco hasta la formación y humus, un material bien descompuesto y relativamente estable (de buena permanencia). Un suelo típico de cultivo contiene de un 2 a 5% de materia orgánica por peso. A pesar de esta proporción minúscula, las aplicaciones constantes de materia orgánica juegan un rol en mantener la capacidad productiva sostenible del suelo por medio de muchos beneficios

#### **2.1.2.6 Propiedades biológicas de los suelos**

##### **a. Generalidades de meso y macro fauna del suelo**

Los principales grupos de animales que pertenecen a este componente biótico del suelo son los anélidos y los artrópodos; los primeros se refieren a las lombrices de tierra y los segundos a aquellos animales que presentan un esqueleto externo endurecido que recubre todo su cuerpo, como una coraza y que son articulados. Los principales representantes de los artrópodos son los insectos, los arácnidos, los miriápodos y los crustáceos; otros grupos que se destacan son los nematodos (algunos pocos, por su tamaño, se ubican dentro de los microorganismos), los moluscos y algunos vertebrados roedores y mamíferos pequeños.

La mayoría de los animales de la meso y macrofauna del suelo, a excepción de los anélidos, viven en la capa superficial del mismo. Allí se acumulan los residuos orgánicos frescos que llegan al suelo y que les suministran condiciones adecuadas de humedad, temperatura y ventilación. (Jaramillo, 2002)

Los organismos que integran la meso y macro biota del suelo desempeñan un papel fundamental en la fragmentación, transformación y translocación de materiales orgánicos en él según Jaramillo (2002). Además, aportan considerables cantidades de biomasa al suelo y mejoran algunas de sus propiedades físicas; también, en estos grupos de organismos se presentan algunos animales que son herbívoros y que pueden convertirse en plagas para las plantas, así como otros que son parásitos o predadores.

## **b. Importancia de los meso y macro organismos**

Aparte de ser una fuente importante de materia orgánica para el suelo y de poderse convertir en plagas para las plantas, la fauna del suelo lleva a cabo varias acciones que, a largo plazo, mejoran las condiciones del mismo: q Aumentan la disponibilidad de algunos nutrientes para las plantas como lo reporta IGAC (1986), con lo cual se mejora el aporte de biomasa: Lombriz incrementa disponibilidad de P, K y C. Hormigas mejoran disponibilidad de Ca y Mg.

Termitas aumentan la disponibilidad de Ca, Mg, K, Na, C y P. q Algunos organismos como ciempiés, arañas, escorpiones, coleópteros y colémbolos son predadores y mantienen en equilibrio las poblaciones de otros organismos. q Los macroinvertebrados crean galerías y huecos dentro del suelo que mejoran su aireación y su permeabilidad. Además, las termitas y las hormigas seleccionan materiales finos para hacer sus nidos en superficie, con lo que van afinando la textura del suelo (Decaëns, 1998). q Algunos efectos no son benéficos como lo observó Chamorro (1990) en suelos del páramo de Sumapaz: se presentó incremento en la disponibilidad de Al que estuvo asociado con la presencia de lombrices y termitas en ellos.

Jaramillo (2002) retomando a el Soil Quality Institute SQI (1999) hace mención a la lombriz de tierra, sostiene que ellas mejoran la calidad del suelo debido a que: Incrementan la disponibilidad de nutrientes, especialmente N, P y K. Aceleran la descomposición de la materia orgánica al incorporar litter al suelo y activar procesos de mineralización y de humificación que mejoran la agregación y la porosidad. Suprimen varios organismos peligrosos o enfermos. Incrementan la actividad de microorganismos benéficos.

### **2.1.2.7 Agua Subterránea**

Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos, la fuente principal de las aguas subterráneas es el aguade lluvia (infiltración y percolación), otras localizadas (ríos, arroyos, lagos).

### **2.1.2.8 Calidad de agua**

Rivera & Rock (2014) definen que la calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas o biológicas del agua. La calidad del agua es una medida de la condición del agua en relación con su impacto en una o más especies acuáticas como peces y ranas o en usos humanos, ya sea para consumo o recreativo. Los estándares más comunes que se utilizan para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, la seguridad del contacto humano y el agua potable

*“Es un atributo que presenta el agua, de manera tal, que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. Incluye todos los factores que influye en el uso beneficioso del agua: físico, químico y biológico.”* (Chang, Calidad de agua, 2009)

La calidad del agua puede fácilmente alterarse por la contaminación con microorganismos patógenos que ocasionan enfermedades graves de acuerdo con Andueza (2014). Se debe disponer de metodología para conseguir agua de calidad, así como protocolos para valorar la efectividad de los tratamientos químicos y biológicos empleados para la potabilización del agua

### **2.1.2.9 Contaminación de agua**

Chang (2009) define a la contaminación del agua como la introducción de material químico, físico o biológico en un cuerpo hídrico (ríos, lagos, océanos) que degrada la calidad del agua y afecta a los organismos vivos que viven en ella, como a los que la consumen.

Este proceso varía desde la adición de sólidos suspendidos o disuelto, hasta descargas de contaminantes tóxicos persistentes tales como: pesticidas, metales pesados, compuesto químicos no degradables y bioacumulantes.

### **2.1.2.10 Bioindicadores**

Acorde a Morais (2009) podemos describir a los bioindicadores como organismos o comunidades de estos que a través de su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat.

El bioindicador ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrechas, según Zúñiga de Cardozo y Caicedo (1997), son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que viven. Mientras que Morales (2011) indica que los bioindicadores miden los efectos de la contaminación en el ambiente y en los propios seres vivos, por tanto, ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, el ecosistema y también para el ser humano.

Es gracias a los bioindicadores, que dan la pauta sobre las afectaciones que un ecosistema, suelo o agua, puede presentar ante las condiciones climáticas que lo rodean, y tomar decisiones acertadas que permitan regular las actividades que se realizan en su entorno.

#### **2.1.2.11 Bioindicadores de la calidad de las aguas**

##### **a. Físico**

Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.

Kohlmann, (2011) destaca que en los procedimientos de utilizar macroinvertebrados como indicadores biológicos de la calidad de las aguas, específicamente de su grado de contaminación biológica, se ha venido utilizando desde hace ya algún tiempo en zonas templadas y subtropicales, pero últimamente también en regiones tropicales, como Costa Rica. A este respecto, tanto la UCR, como la Universidad EARTH, han estado trabajando en colaboración desde hace ya varios años, desarrollando guías de campo para la evaluación ecológica rápida de la calidad de las aguas de los ríos. Estas guías se utilizan en los programas de biomonitoreo y representan una alternativa rápida y barata para tal efecto.

##### **b. Químico**

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los

sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materias orgánicas y nutrientes.

### **c. Biológicos**

Viteri, Chalen, y Cevallos (2017) en su investigación destacan que los indicadores biológicos o también llamados bioindicadores, son organismos cuya presencia permite evaluar la contaminación de un sistema a través del tiempo, pues tienen la capacidad de responder ante un cambio en su hábitat. Estos cambios se reflejan en modificaciones en las poblaciones, al encontrarse y proliferar especies relacionadas con determinados contaminantes y al desaparecer parcial o totalmente otras especies.

#### **2.1.2.12 Parámetros generales indicadores de contaminación**

##### **I. Parámetros de carácter físico**

###### **a. Color**

Según la Universidad Politecnica de Cartagena es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto de barrera a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton, así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas.

###### **b. Olor**

La Universidad Politecnica de Cartagena también define que es debido a cloro, fenoles, ácido sulfhídrico, etc. La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero sí puede indicar la existencia de una elevada actividad biológica. Por ello, en el caso de aguas potable, no debería apreciarse olor alguno,

no sólo en el momento de tomar la muestra sino a posteriori (10 días en recipiente cerrado y a 20°C).

### **c. Turbidez**

Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o articulados según la Universidad Politécnica de Cartagena. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos.

La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema.

La turbidez del agua dice la Universidad Politécnica de Cartagena que interfiere con usos recreativos y el aspecto estético del agua. La turbidez constituye un obstáculo para la eficacia de los tratamientos de desinfección, y las partículas en suspensión pueden ocasionar gustos y olores desagradables por lo que el agua de consumo debe estar exenta de las mismas. Por otra parte, la transparencia del agua es especialmente importante en el caso de aguas potables y también en el caso de industrias que producen materiales destinados al consumo humano, tales como las de alimentación, fabricación de bebidas, etc.

### **d. Sólidos en suspensión**

Comprenden a todas aquellas sustancias que están suspendidas en el seno del agua y no decantan de forma natural.

### **e. Temperatura**

La temperatura de las aguas residuales y de masas de agua receptora es importante a causa de sus efectos sobre la solubilidad del oxígeno y, en consecuencia, sobre las velocidades en



el metabolismo, difusión y reacciones químicas y bioquímicas. El empleo de agua para refrigeración (por ejemplo, en las centrales nucleares) conlleva un efecto de calentamiento sobre el medio receptor que se denomina “contaminación térmica”. Su alteración suele deberse a su utilización industrial en procesos de intercambio de calor (refrigeración). Influye en la solubilidad de los gases y las sales. Temperaturas elevadas implican aceleración de la putrefacción, con lo que aumenta la DBO y disminuye el oxígeno disuelto.

#### **f. Densidad**

Las medidas de densidad son necesarias en aguas de alta salinidad para convertir medidas de volumen en peso. Es práctica común medir volumétricamente la cantidad de muestra usada para un análisis y expresar los resultados como peso/volumen (por ejemplo, mg/L). Aunque ppm y mg/L sólo son medidas idénticas cuando la densidad de la muestra es 1, para muchas muestras se acepta el pequeño error que se introduce al considerar que 1 ppm es 1 mg/L.

### **II. Parámetros de carácter químico**

#### **a. pH del agua**

La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, su capacidad para reaccionar con iones hidroxilos para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias acidas. En aguas naturales la acidez puede ser producida por el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), por la presencia de hidrógenos libres H<sup>+</sup>, por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrólisis de sales de ácido fuerte y base débil.

#### **b. Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, su capacidad para reaccionar con iones hidrógenos, para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas. En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones: Bicarbonatos, Carbonatos, Hidróxidos.

La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importantes en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión, y evaluación de la capacidad tampón del agua.

### **c. Dureza**

Se consideran aguas duras aquellas que requieren cantidades considerables e jabón para producir espumas y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua. Desde el punto de vista sanitario las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espumas y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto y en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales es calentada.

En general la alcalinidad, pH y dureza son características del agua que pueden afectar la calidad de la misma para el consumo humano y el uso agrícola. Cuando se encuentra en ciertas concentraciones y combinaciones, la alcalinidad, pH y dureza, pueden incrementar las incidencias de enfermedades cardíaca y otras dolencias.

## **2.1.2.13 Principales bioindicadores del agua**

### **a. Grupo coliformes**

Son bacilos gram (-), no esporulados, aeróbicos o aeróbicos facultativos, fermentan la lactosa con producción de gas, cuando se incuban 37°C, por 48 horas La presencia de este grupo de bacterias indican que el agua puede estar contaminada con patógenos y malas condiciones de higiene. Representantes: Citrobacter, Enterobacter, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Proteus. Los coliformes fecales implican la presencia de Escherichia coli y evidencian contaminación fecal.

### **b. Coliformes totales**

Son organismo que se encuentran en el tracto intestinal de los organismos de sangre caliente que son excretados en grandes cantidades el propósito del análisis bacteriológico del agua es indicar su contaminación con aguas negras o heces fecales, en el momento del muestreo, y por ende la posibilidad de que pueda transmitir enfermedades al consumirla estas bacterias causan disentería en los seres humanos.

Los coliformes no solamente provienen de los excrementos humanos si no también pueden originarse en animales de sangre caliente, en animales de sangre fría y en el suelo. Por lo tanto, la presencia de coliformes de aguas superficiales indican proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes.

### **c. Coliformes fecales**

Los microorganismos que tienen las mismas propiedades de las coliformes totales, a una temperatura de 44 o 44.5 °C. también se les asigna coliformes termo resistentes o termo tolerantes (CAPRE 1994), los coliformes fecales son un sub conjunto del grupo de coliformes totales; E. coli es el mayor subconjunto del grupo de coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su habilidad o capacidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5°C). ambos coliformes, los fecales y E. coli son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal reciente que los coliformes totales, pero no distinguen entre contaminación humana y animal.

### **d. DBO**

De acuerdo con Kenbi (2019) la D.B.O. es “la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra”.

La DBO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ; esto se indica como D.B.O5. Cuanto mayor sea la contaminación, mayor será la D.B.O.

#### **e. DQO**

Kenbi (2019) define que DQO es “la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua”. La DQO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ).

Cuanto mayor es la DQO más contaminante es la muestra. El valor de la D. Q. O. siempre será superior al de la D. B. O. debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente.

## CAPITULO III

### DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Descripción de la Zona de Estudio

El estudio se realizó en la finca Ebenezer, ubicada en la comunidad La Reyna, en el municipio de San Ramón, aproximadamente a una distancia de 15 km del municipio de Matagalpa. La unidad de producción cuenta con una quebrada como fuente de agua para uso agrícola.

La finca se encuentra a 806 m.s.n.m contenida en las coordenadas X0629633 / Y1428787.; con temperaturas que oscilan entre los 21° y 27° C. Dicha finca cuenta con un área total de 5 manzanas lo que equivale 3.5 hectáreas. En el área de estudio se siembra maíz, frijoles y café.



Figura 1. Localización del área en estudio Fuente: Google Earth (2020).



*Figura 2. Recurso hídrico en finca Ebenezer.* Fuente: Fotografía tomada por investigadores.

### **3.2 Tipo de Investigación**

La investigación es aplicada del tipo no experimental porque no se tomará un diseño específico para el estudio. El enfoque de la investigación es cuali-cuantitativo porque se analizarán mediciones obtenidas a partir de la recopilación de datos en campo y de laboratorio (análisis de suelo, etc.).

Según el nivel la investigación es descriptiva, porque describe los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros físicos, químico, biológicos de los suelos y el agua de las parcelas de la finca. Es de corte transversal, debido a que la toma de datos se hará en un periodo de tiempo previamente determinado.

### **3.3 Población de Estudio**

La población es de cinco parcelas ubicadas en la finca Ebenezer, localizada en la comunidad La Reyna en San Ramón, Matagalpa

### 3.4 Muestra

La muestra seleccionada para la realización del estudio es de dos parcelas, una donde se cultiva granos básicos (maíz, frijol) y otra de café; así mismo, en la parcela número 2 se localiza una quebrada, que es la única fuente de agua de la finca. Además, se tomó en cuenta la topografía del terreno, donde la parcela 1 esta ubicada en la parte alta y la parcela 2 en la parte baja de la finca en estudio.

### 3.5 Cuadro 1. Operacionalización de Variables

<b>Objetivo</b>	<b>Variables</b>	<b>Subvariable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Identificar los propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en la comunidad La Reyna	Fertilidad de los suelos.	Propiedades físicas, químicas y biológicas.	Textura del suelo, Capacidad de retención de agua, Velocidad de infiltración, Densidad aparente, Evaluación visual de suelo Cobertura vegetal del suelo con rastros, Macro-fauna mayor de 2 mm Materia orgánica, pH del suelo,	Hoja de campo Observación Análisis de laboratorios.
Identificar los parámetros físicos, químicos y biológicos del recurso hídrico de la comunidad La Reyna.	Contaminación de las aguas.	Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua.	Sólidos en suspensión, temperatura, salinidad, dureza, pH, oxígeno disuelto, coliformes fecales PH Alcalinidad DBO DQO	Hoja de campo Análisis de laboratorio observación
Describir el efecto que tienen los bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar de la familia en el a finca en estudio.	Afectación de los bioindicadores de suelo y agua al bienestar humano	Parámetros físicos, químicos y biológicos de agua y suelo	Efecto de cada parámetro sobre el bienestar humano	Hoja de campo Observación

### **3.6 Métodos y técnicas para la toma de datos**

#### **a. Análisis de suelo**

Para poder realizar análisis de suelo, se tomaron muestras de suelo en las parcelas en estudio de la finca Ebenezer, una parte fue remitida para su análisis en laboratorios LAQUISA ubicado en la ciudad de León a fin de obtener los resultados sobre el porcentaje de materia orgánica de este y la otra parte fue utilizada en los laboratorios de UNAN FAREM Matagalpa.

#### **b. Análisis de agua**

Se tomó muestra del agua contenida en la fuente de agua de la finca el cual es una quebrada, estas muestras se enviaron a laboratorio PROLACSA. Para su análisis de dureza, alcalinidad, DBO y DQO.

Para el análisis de pH, temperatura y coliformes fecales en campo se recolectaron muestras en un galón de agua (en recipiente plástico) evitando la entrada de aire para no alterar los resultados; para medición de pH en campo se agregó reactivo Detect 10, utilizando 100 ml de agua y en laboratorio se utilizó un pH-metro o potenciómetro; para determinar coliformes fecales se adicionó el reactivo PATHOSCREEN en bolsitas pírex con 100 ml de agua, la comprobación se realizó 24 horas después de tomada la muestra, se hizo lectura rápida utilizando la hoja de evaluación visual del MINSA. Para el análisis de los demás parámetros se llevó el agua sobrante en recipiente plástico la cuales se introdujeron en un termo con hielo para ser trasladadas al laboratorio. El recipiente utilizado fue enjuagado en varias ocasiones con el agua de pozo para homogeneizarlo.

#### **c. Aplicación de instrumento**

Para tener un mayor conocimiento del área de estudio se aplicó como instrumento la entrevista aplicada a los propietarios de la finca Ebenezer, obteniendo información las soluciones alternas a los problemas presentados, también de las condiciones socioeconómicas de la familia.



#### **d. Procesamiento de la información.**

Para el procesamiento de la información se utilizó el programa de Microsoft Excel, en el cual se crearon tablas y gráficos para facilitar así el análisis de los datos en cuestión.

#### **e. Técnicas de recopilación de la información**

**Bibliografía:** mediante esta técnica se obtuvo información para escribir los antecedentes marco teórico y sustentar la discusión de resultados.

**Entrevista:** mediante esta técnica se recopiló información del manejo de la unidad de producción.

**Observación:** con esta técnica se confirma la información obtenida a partir de la entrevista (ver anexo A.)

**Hojas de campo:** se utilizó para la toma de datos en campo, habiendo varios diseños de estas según los datos que se deseen tomar.

**Fotografías:** se nos permitió respaldar los datos y afirmaciones que se realicen en la discusión de los resultados, además de la caracterización de las parcelas e identificación de las especies de macroinvertebrados encontrados en el suelo.

**Método al tacto para la determinación de clases texturales:** para poder obtener datos sobre la textura del suelo se utilizó el método al tacto que consiste en tomar una porción de suelo (5 gr aproximadamente), humedecerla, proceder a formar una esfera, tomar una pequeña porción y formar una cinta, que esto nos indicara el tipo de suelo encontrado.

**Cobertura de suelo:** se utilizó una técnica llamada método de Daubenmire para la estimación de la cobertura, la cual se ha adaptado de manera parecida en Nicaragua. Para ello se apoya en un marco de 20 x 50 centímetros el cual se ubica en diferentes partes de la parcela, posteriormente por medio de la observación se estima el porcentaje de cobertura.

**Infiltrómetro:** para la obtención de la tasa de lámina de infiltración se utilizó un infiltrómetro el cual primeramente se posicionó en un lugar donde estuviese a nivel. Para la obtención de datos de infiltración, se añadió agua tanto a su círculo interior como exterior, cada cierto tiempo se tomaron medidas de cuántos centímetros de agua se habrían infiltrado, y con dichos datos se calculó la tasa.

**Evaluación visual de suelo:** el método Evaluación Visual del Suelo, está basado en la observación visual de importantes propiedades de la tierra que indican la calidad que esta posee: (color, estructura, consistencia, porosidad, profundidad). Estos indicadores tienen valores definidos, los que según el caso se anotan ordenadamente en una hoja. La calidad de la tierra es determinada exclusivamente por la valoración de los indicadores de la tierra señalados al inicio. El conocimiento de esta información facilitará la interpretación de los indicadores y obtener la calificación de ese suelo.

**Recolección e identificación de macroinvertebrados:** para poder identificar los macroinvertebrados presentes en el suelo de ambas parcelas, se procedió a tomar muestras de suelo las cuales se combinarían para tener una sola muestra homogénea que posteriormente se trasladó a laboratorio. Con la ayuda de “estereoscopios” se atraparon y enfrascaron los macroinvertebrados encontrados en dichas muestras, a quienes también se les tomaron fotos para su identificación.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se procedió a realizar el análisis del suelo en dos parcelas de la Finca Ebenezer, propiedad del Sr. Julio López Ochoa, en San Ramón, Matagalpa, en el primer semestre del año 2019, dentro de los análisis realizados, se puede mencionar contenido de materia orgánica, la infiltración, análisis visual de suelo, diversidad de organismos de suelo, entre otros con el objetivo de determinar la calidad del suelo y agua de la propiedad y su viabilidad para uso agrícola.

#### 4.1 Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

##### a. Textura

Las muestras de suelo se tomaron del sector donde se cultiva café y granos básicos en la propiedad, con las cuales se procedió a hacer análisis en laboratorios para evaluar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Los resultados (ver cuadro 1 y 2) muestran que la textura del suelo en la finca Ebenezer es franco arenoso, textura de suelo que se relaciona generalmente con buen porcentaje de materia orgánica y buen drenaje. Esto se relaciona directamente con buenos rendimientos de cosechas debido a que son suelos que generalmente son ricos en macro y micro nutrientes, lo que beneficia al productor al momento de la fertilización de los suelos para mejorar rendimientos.

**Cuadro 1.** *Datos de parcela de café*

<b>Datos del Área de Estudio</b>		
<b>Finca:</b> Ebenezer <b>Municipio:</b> San Ramón <b>Comarca:</b> La Reyna		
<b>Nombre del productor:</b> Julio López Ochoa		
<b>Características del Terreno – Área de Café</b>		
<b>Textura:</b> Franco Arenoso	<b>Densidad aparente:</b> 1.14	<b>MO:</b> 4.67%
<b>Pendiente:</b> 14.5%	<b>Capacidad de campo:</b> 28.1	<b>Saturación:</b> 9.63
<b>Punto de marchitez permanente:</b> 16.78%	<b>Capacidad de retención de agua disponible:</b> 11.43%	<b>pH:</b> 6.38

**Nota.** Fuente: Resultados de evaluación visual de suelo.

**Cuadro 2.** *Datos de parcela de granos básicos*

<b>Datos del Área de Estudio</b>		
<b>Finca:</b> Ebenezer <b>Municipio:</b> San Ramón <b>Comarca:</b> La Reyna		
<b>Nombre del productor:</b> Julio López Ochoa		
<b>Características del Terreno – Área de Granos Básicos</b>		
<b>Textura:</b> Franco Arenoso	<b>Densidad aparente:</b> 1.20	<b>MO:</b> 4.40%
<b>Pendiente:</b> 17%	<b>Capacidad de campo:</b> 42.60	<b>Saturación:</b> 7.12
<b>Punto de marchitez permanente:</b> 25.35%	<b>Capacidad de retención de agua disponible:</b> 17.28%	<b>pH:</b> 5.99

**Nota.** Fuente: Resultados de evaluación visual de suelo.

### **b. Densidad aparente**

La densidad aparente es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga, aparentes o no. Los factores que afectan a la densidad aparente son la composición y la estructura. Por ejemplo, suelos arenosos tienden a tener densidades mayores que suelos más finos, al mismo tiempo en suelos bien estructurados los valores son menores.

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de importantes características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje. En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje.

Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene poca porosidad en su composición, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamientos.

Para suelos franco arenosos se tiene que los valores para suelos no compactados son 1.5 gramos por centímetro cúbico. Lo que permite categorizar el suelo de la finca como no compactado ya que los valores obtenidos (ver cuadro 1 y 2) muestran que la densidad aparente en el área de café es de 1.14 gramos por centímetro cúbico y en el área de granos básicos se obtuvo una densidad aparente de 1.20 gramos por centímetro cúbico. Dichos datos demuestran que el suelo de las parcelas no se encuentra compactados, es bastante poroso y la infiltración del agua debe ser rápida.

Debido a las condiciones de densidad aparente se puede mencionar que las plantas tienen las condiciones óptimas para enraizar fácilmente y sin dificultades, y el agua infiltrará rápido lo

que permite a las plantas absorber dicha agua y los nutrientes disponibles del suelo. Esto también evita anegamiento de los suelos que provocaría la pudrición de raíces, la proliferación de hongos y patógenos que afectan a los cultivos.

Con respecto al bienestar humano, esta condición es beneficiosa ya que las plantas pueden crecer fácilmente y tener buenas cosechas, incrementando los ingresos económicos, reduciendo costos de producción, por el menor gasto en control de plagas y enfermedades, pero sobre todo el menor riesgo de contaminación del aire, suelos y agua, así como la afectación a la fauna benéfica.

### **c. Capacidad de campo**

La capacidad de campo es la cantidad de agua humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente, el agua tiende a moverse por gravedad hacia el subsuelo, hasta llegar a un punto en que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua del suelo se estabiliza.

En el caso del área de café (ver cuadro 1) se refleja que su capacidad de campo es de 28.1%, esto se representa en porcentaje y se puede interpretar que por cada 100g de suelo se seco se retienen 28.1 gramos de agua. En el área de granos básicos es de 42.60%. cabe destacar que se refleja fácilmente que la capacidad de retención de agua es mucho mayor en el área de granos básicos que en el área de café, siendo un factor muy importante para la temporada de lluvia donde se debe de trabajar en formas de drenar el agua para evitar la anegación de los suelos y evitar perdidas de cosechas que se ligan directamente en perdidas económicas para el productor y su familia.

### **d. Saturación del suelo**

En el área de café (ver cuadro 1) el resultado fue de 9.63% de saturación de suelo lo que se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. En el área de granos básicos el resultado fue de 7.12 %.

En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire. Cuanto mas fina sea la textura de suelo, mayores serán los porcentajes de agua en el suelo.

Esto se relaciona de primera mano con las temporadas de lluvia; donde entre mayores sea el porcentaje de saturación, menos será el riesgo de que el suelo se sature y afecte las cosechas por la cantidad de agua saturada.

#### **e. Punto de marchitez permanente**

Buena parte del agua retenida a la capacidad de campo puede ser utilizada por las plantas, pero a medida que el agua disminuye se llega a un punto en que la planta no puede absorberla. En este estado se dice que el suelo está en el punto de marchitez.

El punto de marchitez permanente en el área de café (ver cuadro 1) equivale a un 16.78 %; esto se define como la cantidad de agua en el suelo donde una planta se marchita de manera irreversible. 25.35 % en el área de granos básicos (ver cuadro 2).

Entre más fina sea la textura del suelo mayor será el porcentaje de punto de marchitez permanente lo que permite una mayor absorción de agua de las plantas antes de que estas entren en un estrés hídrico y mueran. Esto puede implicar pérdida de cultivos enteros en la finca, cultivos con los que la familia espera alimentarse y también poder sustentarse económicamente.

#### **f. Capacidad de retención de agua disponible**

La capacidad de retención de agua del suelo para disponer de cantidades variables de agua, depende de su textura, de su estructura, de la profundidad de las raíces en dicho suelo. Donde en el área de café (ver cuadro 1) este fue de 11.43% y en el área de granos básicos fue de 17.28 %.

La capacidad de retención de agua se ve estrechamente ligada a la frecuencia de riego del cultivo y también las cantidades de agua a ser aplicadas a este. Este factor de calidad de suelo es muy importante en temporada de sequía que es el que permitirá un riego con menor frecuencia permitiendo que las plantas se desarrollen de forma normal y que no entren a estrés hídrico; del mismo modo para no gastar el recurso hídrico cuando este es escaso.

#### **g. Pendiente**

El resultado del porcentaje de pendiente en la parcela de café fue de 14.5% (ver cuadro 1), mientras que en la parcela de granos básicos fue de 17% (ver cuadro 2). Ambas que encajan como moderadamente escarpadas; lo cual favorece la erosión por escorrentías y el lavado de nutrientes, lo que a largo plazo perjudicaría en el caso de disposición de nutrientes para las plantas; ocasionado que los suelos se encuentren deficientes de nutrientes y las plantas no se puedan desarrollar plenamente. Esto también se relaciona con los tipos de cultivos que deben cosecharse dependiendo del porcentaje de pendiente.

#### **h. Evaluación visual de suelo**

Con respecto a la evaluación visual de suelo en la parcela de café (ver cuadro 3) se obtuvo que la estructura y consistencia del suelo es buena con un valor de 6 puntos; la porosidad de este es buena con un valor de 4 puntos, lo que indica que hay mucha presencia de macro poros; un color que indica buena calidad con un valor de 4 puntos; en el caso del número y coloración de moteado se obtuvo una puntuación moderada, lo que indica que la tierra estuvo anegada un tiempo lo que redujo la cantidad de oxígeno en la tierra una buena parte del año.

En el caso del conteo de lombrices es pobre debido a que esta evaluación tomó lugar en la temporada seca, que debido a la falta de condiciones propicias (humedad) estos organismos se encuentran en menor cantidad; la compactación del suelo es moderada lo que puede impedir el paso de agua y aire en el suelo y la penetración de las raíces, restringiendo el desarrollo de estas y la absorción de agua y nutrientes.

La cobertura del suelo es de buena condición; y la profundidad es de condición moderada lo que puede reducir el crecimiento y desarrollo de las raíces para la obtención de agua y nutrientes. Estos parámetros categorizan al suelo como suelo bueno.

**Cuadro 3.** *Evaluación visual del suelo parcela de café*

<b>Indicadores de calidad de suelo</b>			
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0= Condición pobre		
	1=Condición moderada		
	2=Condición buena		
Estructura y consistencia	2	X3	6
Porosidad	2	X2	4
Coloración	2	X2	4
Número y color de moteado	1	X1	1
Conteo de lombrices	0	X2	0
Compactación	1	X1	1
Cobertura	2	X3	6
Profundidad	1	X3	3
			25
Promedio de indicadores			Puntos
Suelo Pobre			< 10
Suelo Moderado			10 a 20
Suelo Bueno			>25

**Nota.** Fuente: Resultados de evaluación visual de suelo

Con respecto a la evaluación visual de suelo en la parcela de granos básicos (ver cuadro 4) se obtuvo que la estructura y consistencia del suelo es moderada con un valor de 3 puntos lo que puede dificultar el crecimiento y desarrollo de las raíces; la porosidad de este es buena con un valor de 4 puntos, lo que indica que hay mucha presencia de macro poros; un color que indica buena calidad con un valor de 4 puntos; en el caso del número y coloración de moteado se obtuvo una puntuación moderada, lo que indica que la tierra estuvo anegada un tiempo lo que redujo la cantidad de oxígeno en la tierra una buena parte del año.

En el caso del conteo de lombrices es pobre debido a que esta evaluación tomo lugar en la temporada seca, que debido a la falta de condiciones propicias (humedad) estos organismos se encuentran en menor cantidad; la compactación del suelo es moderada lo que puede impedir el paso de agua y aire en el suelo y la penetración de las raíces, restringiendo el desarrollo de estas y la absorción de agua y nutrientes.



La cobertura del suelo es de buena condición; y la profundidad es de condición moderada lo que puede reducir el crecimiento y desarrollo de las raíces para la obtención de agua y nutrientes. Como resultado final se obtuvo que el suelo es moderado; de tal manera, esto se puede relacionar con que el suelo a sufrido de malas practicas agrícolas y no se han tomado medidas de conservación de suelo.

**Cuadro 4.** *Evaluación visual del suelo parcela de granos básicos*

<b>Indicadores de calidad de suelo</b>			
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0= Condición pobre		
	1=Condición moderada		
	2=Condición buena		
Estructura y consistencia	2	X3	3
Porosidad	2	X2	4
Coloración	2	X2	4
Número y color de moteado	1	X1	1
Conteo de lombrices	0	X2	0
Compactación	1	X1	1
Cobertura	2	X3	6
Profundidad	1	X3	3
			22
Promedio de indicadores			Puntos
Suelo Pobre			< 10
Suelo Moderado			10 a 20
Suelo Bueno			>25

**Nota.** Fuente: Resultados de prueba evaluación visual de suelo.

#### **i. Cobertura del suelo**

Por medio del método de observación de Daubenmire, en el cual se uso un marco en diferentes puntos de las parcelas para poder estimar el porcentaje de suelo cubierto (SC) y suelo descubierto (SD); se logro determinar un promedio de suelo cubierto de 79% en el área de café (ver cuadro 5), lo que es un porcentaje alto. La cobertura de suelo permite la protección de suelo para evitar la erosión del mismo especialmente cuando el porcentaje de pendiente es alto. Del mismo modo, la cobertura de suelo permite la obtención y descomposición de materia orgánica la cual luego de ser descompuesta se incorpora en el suelo lo que es beneficioso para las plantas.

**Cuadro 5. Cobertura de suelo en parcela de café**

Puntos	Suelo cubierto	Suelo descubierto	%SC	%SD
1	9	2	81.8	18.2
2	15	2	88.23	11.77
3	15	4	78.9	21.1
4	15	6	71.4	28.6
5	15	5	75	25
Total			79	21

**Nota.** Fuente: Resultados de prueba en campo

En la parcela de granos básicos el porcentaje de suelo cubierto fue de 45% (ver cuadro 6), porcentaje que indica que la más de la mitad del suelo en la parcela se encuentra descubierto, esto ligado con el porcentaje de la pendiente permite destacar que esto favorece la erosión de suelo por salpicadura o escorrentía, así mismo, el lavado de nutrientes; dichos factores son perjudiciales tanto para el suelo como para los cultivos establecidos en el área y el productor junto con su familia ya que dependen de la cosecha de sus cultivos para su propia alimentación y generar ingresos a la familia y poder sustentarse.

**Cuadro 6. Cobertura de suelo en parcela de granos básicos**

Puntos	Suelo cubierto	Suelo descubierto	%SC	%SD
1	7	12	36.84	63.16
2	6	14	30	70
3	11	9	55	45
4	9	11	45	55
5	12	7	63.16	36.84
Total			46	54

**Nota.** Fuente: Resultados de prueba en campo

## j. Infiltración

La velocidad de infiltración del agua en el suelo de la parcela de café es de 6.13 centímetros por hora (ver cuadro 7) que según el rango de velocidad de infiltración este es moderadamente favorable por oscilar entre 6 a 12 centímetros por hora (ver cuadro 10 en anexos). De tal manera, esta condición permite reducir la erosión del suelo por escorrentía, el lavado de nutrientes que se ve generalmente afectado tanto por la pendiente como la velocidad de infiltración y que los suelos aneguen en temporada de lluvias.

**Cuadro 7.** *Tabla de infiltración en área de café*

Tiempo acumulado (min)	Altura de agua (cm)	Diferencia alturas (cm)	Diferencia de tiempos (min)	IAcum (cm)	I (cm/h)
	Lectura				(4/5) x 60
0		0.0	0	0	
1	3.8	1.2	1	1.2	72.00
2	4.6	0.4	1	1.6	24.00
3	4.6	0.4	1	2	24.00
4	4.7	0.3	1	2.3	18.00
5	4.7	0.3	1	2.6	18.00
10	3.9	1.1	5	3.7	13.20
15	4.1	0.9	5	4.6	10.80
20	4.3	0.7	5	5.3	8.40
30	3.6	1.4	10	6.7	8.40
40	3.8	1.2	10	7.9	7.20
50	3.8	1.2	10	9.1	7.20
70	2.8	2.2	20	11.3	6.60
90	2.9	2.1	20	13.4	6.30
110	3	2	20	15.4	6.00
140	1.9	3.1	30	18.5	6.20
170	1.9	3.1	30	21.6	6.20
<b>Total:</b>					<b>6.13</b>

**Nota.** Fuente: Datos de prueba de infiltración en campo.

La velocidad de infiltración de agua en el suelo de la parcela de granos básicos es de 17.6 centímetros por hora (ver cuadro 8) que según el rango de velocidad de infiltración este es favorable por oscilar entre 12 y 25 centímetros por hora (ver cuadro 10 en anexos). Ya que el agua que proviene de precipitaciones puede ser infiltrada de manera rápida, y la erosión por precipitaciones puede llegar a ser de menor impacto. De igual manera, las plantas pueden absorber el agua y tendrán disponibles los nutrientes mas rápidamente. Así mismo se evita que los suelos se vean afectados por la erosión por escorrentía, el lavado de nutrientes y anegación.

La dinámica de los nutrientes en los ecosistemas se encuentra íntimamente relacionada con el ciclo hídrico en lo referente a lavado de nutrientes, ya que, en tormentas un gran porcentaje de nutrientes es lavado debido a suelos con baja tasa de láminas de infiltración.

**Cuadro 8.** *Tabla de infiltración es área de granos básicos*

Tiempo acumulado (min)	Altura de agua (cm)	Diferencia alturas (cm)	Diferencia de tiempos (min)	IAcum (cm)	I (cm/h)
	Lectura				(4/5) x 60
0		0.0	0	0	
1	6.5	3.5	1	3.5	210.00
2	7.5	2.5	1	6	150.00
3	8	2	1	8	120.00
4	8	2	1	10	120.00
5	8.5	1.5	1	11.5	90.00
10	6	4	5	15.5	48.00
15	6	4	5	19.5	48.00
20	6	4	5	23.5	48.00
30	3.7	6.3	10	29.8	37.80
40	3.9	6.1	10	35.9	36.60
50	3.9	6.1	10	42	36.60
70	2.5	7.5	20	49.5	22.50
90	2.9	7.1	20	56.6	21.30
110	3.2	6.8	20	63.4	20.40
140	1.9	8.1	30	71.5	16.20
170	1.9	8.1	30	79.6	16.20
<b>Total:</b>					<b>17.6</b>

**Nota.** Fuente: Datos de prueba de infiltración en campo.

#### **k. Materia orgánica**

La materia orgánica es el principal componente de un suelo que determina la interacción suelo, planta y la vida biológica. A través de pruebas en laboratorio (ver figura 1 y 2) se obtuvo 4.67% de materia orgánica en el área de café y de 4.40% en el área de granos básico; lo que se debe a la cantidad de cobertura vegetal que se incorpora al suelo después de su descomposición por protozoos, bacterias y hongos para su posterior aporte a la fertilidad del suelo. El porcentaje de materia orgánica de ambas áreas indican suelos ricos, lo que influye en la disposición de nutrientes para las plantas; por consecuente, la cosecha de los cultivos se ve favorecida por la cantidad de materia orgánica y nutrientes disponibles, lo que permite al productor y su familia depender de estos.

## **1. Macroinvertebrados**

### **1. Orden: Symphyla**

#### **Familia: Scutigereidae.**

Son sínfilos cortos y robustos, suelen ser gris pálido, pajizo o blanco. Son flexibles corren por grietas diminutas del suelo.

Muchas especies contribuyen a la formación de suelos debido a su papel como destructor de raíces. Esto se relaciona con suelos menos compactos, facilidad de descomposición de materia orgánica que se incorpora a los suelos, lo cual mejora la fertilidad de los suelos y por ende se proyecta en buenas cosechas para los productores y menos gastos económicos en fertilización.



**Figura 1.** Scutigereidae. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio

### **2. Orden: Diplopoda**

#### **Familia: Polyxenida, Polyzoniida, Platydesmida y Siphonocryptida**

Alunas especies se alimentan de restos vegetales y fragmentos de materia orgánica. Algunas especies tienen otras costumbres y se alimentan de restos animales, vegetales vivos, hongos, briofitos o algas, practican la coprofagia o la necrofagia (por ejemplo, de caracoles), lo que contribuye a la descomposición de materia orgánica. Dicha materia es después incorporada en el suelo aportando macro y micro nutrientes que son absorbidos por las plantas.

La descomposición e incorporación de materia orgánica en los suelos es beneficioso para los productores ya que es un factor a favor de las plantas las cuales alimentan a los productores o les generan ingreso. Dichos beneficiosos repercuten en el bienestar de las personas ya que si poseen buenas condiciones, el productor y su familia obtendrán alimentos de las plantas y podrán producir para vender y mejorar su calidad de vida.



**Figura 2.** Diplopoda. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio

### **3. Orden: Diplura**

#### **Familia: Entognatha**

Son artrópodos de vida terrestre, ciegos, apterigotas y entognados (piezas bucales en el interior de la cabeza, recubierta por los pliegues orales) En cuanto a su dieta, varía entre la omnívora típica en Campodeidae, la vegetariana de Parajapygidae, deterioro vegetal, los excrementos de otros artrópodos, las raíces de plantas, hifas y micelios de hongos y raramente animales vivos.

La función de las especies de Diplopoda contribuye a la descomposición de materia orgánica que se incorpora al suelo luego de ser procesada lo que ayuda al mejoramiento y conservación de los suelos y a la disposición de macro y micro nutrientes para las plantas. La abundancia de estos macroinvertebrados esta ligada a buen porcentaje de materia orgánica y suelos fértiles; lo cual es beneficioso para el productor ya que constituye menos gastos en fertilizantes para las plantas lo cual es ventajoso en la economía de la familia.



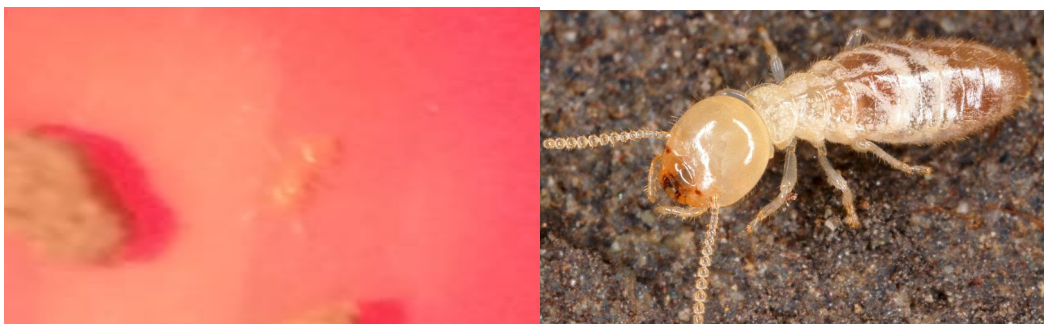
**Figura 3.** Entognatha. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio y en campo

#### **4. Orden: Isóptera**

##### **Familia: Blattodea**

Las termitas son abundantes y diversas particularmente. Muchas especies construyen colonias en forma de montículos y otras muchas son arbóreas o de vida subterránea.

Las termitas se denominan como un bioindicador de calidad de agua principalmente por remover suelos duros para la construcción de montículos, lo que aumenta la porosidad y mejora la textura de este, lo que permite la germinación de pequeñas plantas que posteriormente se convierten en árboles o arbustos; que permite la diversidad de especies, la retención de agua y ayuda al mejoramiento y conservación de suelo que pueden pasar de ser poco fértiles a muy fértiles. De esta manera el productor puede hacer uso de estos suelos y aprovecharlos para cosechar sus propios alimentos y poder generar ingresos y sustentar a la familia al vender el exceso.



**Figura 4.** Blattodea. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio y en campo

## 5. Orden: Trichoptera

### Familia: Amphiesmenoptera

Las larvas de los tricópteros se desarrollan en un amplio rango de características ecológicas y presentan estrategias alimenticias que incluyen la fragmentación de hojas y madera, la recolección de material orgánico en suspensión (mediante redes de seda que fabrican o mediante piezas bucales modificadas).

Estas larvas a través de sus estrategias alimenticias contribuyen a la descomposición de materia orgánica al fragmentar las hojas y la madera en pequeñas partículas para que otros organismos puedan hacer su parte en la descomposición de estas partículas y se pueda dar la incorporación de dicha materia. Lo que permite tener suelos fértiles con altos porcentajes de materia orgánica.



**Figura 5.** Amphiesmenoptera. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio

## 6. Orden: Collembola

### Familia: Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona Y Symphypleona

Ariño (1992) menciona que se han demostrado como bioindicadores del estado del medio edáfico, produciéndose cambios cuantitativos y cualitativos en las poblaciones cuando se dan modificaciones en la situación de los bosques o por disminución del aporte orgánico.

Pueden ser relacionados con sucesiones ecológicas, correlacionados con tipos de micro hábitats, incluso en relación con la Paleontología, servir de indicadores de condiciones ambientales, sobre todo relacionadas con la temperatura y humedad.



Cuando los suelos tienen poca cobertura, y las condiciones edafoclimáticas no son propicias, las poblaciones de estas especies se disminuyen, lo que sirve de guía para poder determinar si son suelos bien cubiertos y con buen porcentaje de materia orgánica.



**Figura 6.** Collembola. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio

## 7. Orden: Solenopsis geminata

### Familia: Hymenoptera

Las hormigas juegan un papel como bioindicadores de disturbio debido a su alta diversidad y abundancia, a la variedad de nichos que ocupan, a su rápida respuesta a cambios ambientales y a su identificación relativamente fácil, pudiendo ser útiles en la evaluación de respuestas bióticas frente a prácticas agrícolas como la fertilización, la fumigación y las quemadas. Estas prefieren campos abiertos, por ende, su abundancia es menor en lugares donde la vegetación produce mas cobertura vegetal.



**Figura 7.** Hymenoptera. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio

## 8. Orden: Atta Cephalotes

### Familia: Hymenopteras-Formicidae

Juega un papel importante en el recorte de la vegetación en pequeñas partículas, estimula el nuevo crecimiento de las plantas cada año, descompone materiales vegetales y adiciona nutrientes a la tierra.



**Figura 8.** Hymenopteras-Formicidae. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio y en campo

## 9. Orden: Escarabeiforme

### Familia: Coleóptero

Estas larvas han sido llamadas como ingenieros del suelo, sus desplazamientos continuos incrementan la porosidad, la infiltración de agua y la aireación en los ambientes edáficos. Además, promueven la formación de estructuras biogénicas en el suelo, como perforaciones, galerías y depósitos de excremento que potencializan las diversas actividades biológicas relacionadas con los procesos de descomposición de la materia orgánica.



**Figura 9.** Coleóptero. Fuente: Imagen tomada a través de estereoscopio en laboratorio y en campo

## 4.2 Propiedad físicas, químicas y biológicas del agua

### 4.2.1 Indicadores de calidad de agua

Para determinar la calidad del agua de la quebrada localizada en la finca Ebenezer para el consumo humano se monitorearon los parámetros fisicoquímicos y biológicos. Los resultados obtenidos se comparan con las normas establecidas de calidad de agua de CAPRE y MINSA.

#### 4.2.1.1 Parámetros fisicoquímicos

Los valores de calidad de agua se determinan como aceptable o no aceptable de acuerdo con el uso o propósito que se tiene para la fuente de agua y los rangos permisibles en donde se ubiquen.

##### a. pH

Para la medición del pH del agua se tomo una muestra del agua de la quebrada la cual se utilizo para pruebas en laboratorio. Para que los valores de pH del agua sean aceptables deben oscilar entre 6.5 y 8.5. Los resultados obtenidos en laboratorio (ver cuadro 9) indican que el agua de la quebrada en la finca Ebenezer se encuentra en el rango aceptable siendo de 7.35. lo cual permitiría su uso en diferentes ámbitos debido a su valor.

**Cuadro 9.** Resultados de análisis de fuente de agua en finca Ebenezer

<i>Tipo de Análisis</i>	<i>Unidad</i>	<i>Resultado</i>	<i>Valor recomendado CAPRE</i>
<i>pH</i>	-	7.35	6.5 – 8.5
<i>Alcalinidad</i>	Mg/l	132	50 - 200
<i>Dureza</i>	Mg/l	124	400 - 500
<i>DBO</i>	Mg/l	70	
<i>DQO</i>	Mg/l	98	

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio.

## **b. Alcalinidad**

CAPRE (1994) define que la alcalinidad expresa la capacidad que tiene el agua de mantener su pH a pesar de recibir soluciones ácidas o alcalinas; este corresponde principalmente al contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. El rango para consumo humano oscila entre 50 – 200 mg/l.

El agua de la quebrada oscila entre el rango establecido, siendo su resultado (ver cuadro 9) de 132 mg/l. Esto indica que la capacidad de mantener su pH es buena.

## **c. Dureza**

La dureza en las aguas se refleja mas en aguas subterráneas que es superficiales, ya que estas arrastran mas minerales como calcio y magnesio que aumentan la dureza. La dureza en las aguas se relaciona a largo plazo en problemas cardiacos y cálculos renales.

El reglamento de las normas CAPRE establece que el valor recomendado de dureza es de 400 mg/l con un máximo permitido de 500 mg/l. El resultado obtenido en laboratorio (ver cuadro 9) fue de 124 mg/l, refleja que son aguas que estas muy por debajo del rango establecido, indicando que arrastran pocos minerales, lo cual seria apta para consumo humano.

### **4.2.1.2 Parámetros biológicos**

#### **a. Coliformes fecales**

Las bacterias coliformes constituyen la base del método indirecto, usado normalmente para determinar si en la fuente de agua se encuentran agentes patógenos infecciosos para el ser humano; su aparición en el agua indica una descarga de materiales fecales en la misma.

Para obtener el estado de coliformes fecales en el agua, se adiciono el reactivo PATHOSCREEN en bolsitas pírex con 100 ml de agua (ver imagen 11), la comprobación se realizó 24 horas después de tomada la muestra, se hizo lectura rápida utilizando la hoja de evaluación visual del MINSA (ver imagen 6 en anexos). Se obtuvo un resultado negativo, lo que indica que no hay presencia de heces fecales en el afluente; siendo este un resultado

positivo para dar pauta al uso que se le puede dar al agua proveniente del afluente. Ya que si el resto de resultados caben en los rangos aceptables, el agua de la quebrada podría ser utilizada para consumo humano.



**Figura 10.** Prueba de coliformes fecales en fuente de agua. Fuente: Fotografía tomada por investigadores.



**Figura 11.** Resultado negativo de bacterias productoras de  $H_2S$  en fuente de agua en finca Ebenezer. Fuente: Fotografía tomada por investigadores.

#### **4.2.1.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno**

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO, porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente y no determina la oxidación bioquímica en un cuerpo hídrico.

##### **a. DQO**

De acuerdo con la *Clasificación de demanda química de oxígeno* (ver cuadro 12) y los resultados obtenidos en laboratorio del agua (ver figura 5) de la quebrada en la finca Ebenezer; dicho afluente se ubica en la clasificación de “contaminada” debido a que su resultado se encuentre entre los márgenes de dicha clasificación, siendo este de 98 Mg/l. lo que indica que el afluente puede haber sido contaminado con agua residuales crudas (aguas procedentes de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas).

##### **b. DBO**

De acuerdo con la *Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno* (ver cuadro 13) y los resultados obtenidos en laboratorio del agua (ver figura 4) de la quebrada en la finca Ebenezer; dicho afluente se ubica en la clasificación de “contaminada” debido a que su resultado se encuentre entre los márgenes de dicha clasificación, siendo este de 70 Mg/l. lo que indica que el afluente puede haber sido contaminado con agua residuales crudas (aguas procedentes de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas).

## **CAPITULO V**

### **5.1 CONCLUSIONES**

Las propiedades físicas del suelo son textura, densidad aparente, capacidad de campo, saturación, punto de marchitez permanente, capacidad de retención de agua, velocidad de infiltración, porcentaje de pendiente y cobertura del suelo; la propiedad química del suelo es materia orgánica y la propiedad biológica del suelo es los macroinvertebrados.

Las propiedades físicas del agua son las coliformes fecales y las propiedades químicas del agua son pH, alcalinidad, dureza, DQO y DBO.

El efecto que tienen los bioindicadores de calidad suelo sobre el bienestar de las personas positivo; ya que las condiciones que este presenta son buenas y que son beneficiosas para los cultivos con que el productor y su familia se sustenta. En el caso de los bioindicadores de calidad de agua, unos indican buenas condiciones, pero el DQO y DBO denotan que existe algún tipo de contaminación, lo que representa que el agua no puede ser consumida por la familia y un limitante para los usos que se le pueda dar. Del mismo modo, cualquier tipo de contaminación que se presente representa un peligro para la salud de las personas.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar buenas practicas agrícolas, las cuales fomentaran la conservación y calidad de los suelos, tanto como las condiciones óptimas para los bioindicadores y se reduciría la contaminación de los recursos hídricos.
- Promover practicas de conservación de suelos como barreras vivas y curvas a nivel ya que el porcentaje de la pendiente favorece la erosión del suelo y lavado de nutrientes por precipitaciones.
- Implementar practicas de conservación y cuidado de los recursos hídricos ya que este se encuentra contaminado por algún residuo proveniente de la comunidad.
- Incentivar una cultura de manejo de basura en la comunidad, con el propósito que esta no llegue a parar a las parcelas o los recursos hídricos de la zona.
- Promover el uso de productos orgánicos para uso agrícola, los cuales estimulan las condiciones para que se mantengan los bioindicadores en sus niveles óptimos.



### 5.3 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Andrades, M., Moliner, A., & Masaguer, A. (2015). *Prácticas de Edafología- Métodos didácticos para análisis de suelos*.
- Andueza, F. (Octubre de 2014). Microbiología del agua. San Jose, San Jose, Costa Rica.
- Apella, M., & Araujo, P. (2003). *Microbiología de agua*. Buenos Aires.
- Arteta, R. (2007). Profundidad efectiva y Capacidades de uso del Suelo (Regún León Arteta). *madrid blogs*.
- Aurazo, M. (2018). *Aspectos biológicos de la calidad del agua*.
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 1-4.
- Cairo, P. (1995). *La fertilidad física de suelos y la agricultura orgánica en el trópico*. Managua.
- CAPRE. (1994). Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano. *NORMA REGIONAL DE CALIDAD DE AGUA*, 1-27.
- Castillo, X. (5 de Marzo de 2011). Determinacion de los indicadores biologicos de suelos agricolas. Leòn , Leòn, Nicaragua.
- Chang, J. (2009). Calidad de agua. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Chang, J. (2009). Calidad de agua. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Cisnero, R. (2010). *Apuntes de la materia de riego y drenaje* (2da ed ed.). San Luis.
- CITRA, C. d. (2017). Que es la infiltración del agua en el suelo. Chile.
- CRS, C. R. (2016). Indicadores de Suelo- Quimico; Proyecto ASA.
- Derpsch, R., & Benites, J. (2003). *Situation of conservation agriculture in the world. II world congress on conservation agriculture*. Brasil.

- FAO, citado por Arauz, F., & Campos, M. (2017). *Efecto de la agricultura de conservación en el bienestar humano, en el sitio RAMSAR, Moyúa, Ciudad Darío - Matagalpa 2016*. Matagalpa .
- FAO, O. d. (2016). *Compatación del suelo*.
- FAO, O. d. (2019). *Propiedades físicas del suelo. Portal de suelos de la FAO*, 1-2.
- Fassbender, H., & Bomemisza, E. (1984). *Química de suelos de énfasis en suelos de América Latina*. San Jose: IICA.
- Foth, H. (2012). *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. México: Continental, S.A.
- García, P., Fernández, R., & Cirujano, S. (2009). *Habitantes del agua macrófitos*.
- González, A., Hernández, D., Neyra, D., & Torrez, s. (2014). *Indicadores físico y químico del suelo. Prezzi*, 4-11.
- Graham, S. (2000). *Evaluación Visual del Suelo*.
- Hernández, A. (2009). *El manejo de la conductividad eléctrica en fertirriego*. Saltillo, Coahuila.
- Herrera, J. (2010). *Propiedades del suelo. monografias.com*, 1-2.
- INTAGRI. (2018). *La Salud del Suelo*. Celaya: INTAGRI.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*.
- Kenbi. (Diciembre de 2019). *¿Qué es la DQO y la DBO?* Vitoria-Gasteiz, Álava, España.
- Kohlmann, B. (2011). *Bioindicadores de Calidad de Agua*. San José, Costa Rica: Universidad EARTH.
- Loayza, R. (13 de Septiembre de 2016). *Macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua*. Perú/ Colombia.
- MAG; FAO; Gobernación Departamento Central. (2013).
- Martínez, J. (2012). *Calidad de Suelo*. Granada, España.
- Morales, N. (2011). *Que es un bioindicador*. Colombia.

- Ochoa, C., & Urroz, F. (2011). *Determinacion de la actividad microbiana como indicador biologico en suelo agricolas del occidente de Nicaragua* . Leon.
- Pellegrini, A. (2017). *Nitrogeno del suelo (Macronutriente del suelo)*.
- Pérez, G. (2016). Infiltración del agua. *Ciclo Hidrologico.com*, 2.
- Perez, G. R. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de agua. *Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Colombia*.
- Politécnica, E. U. (s.f.). Protozoos. *Ambientun*.
- Portalfruticola. (30 de Noviembre de 2017). Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. San Sebastián.
- Pritchett, W. (1990). *Suelos forestales*. México: Limusa.
- Progres, citado por Arauz, F., & Campos, M. (2017). *Efecto de la agricultura de conservación en el bienestar humano, en el sitio RAMSAR, Moyúa, Ciudad Darío - Matagalpa 2016*. Matagalpa.
- Quimis-Gomez, A., Jaramillo, J., Alvarez, Y., & Rodriguez, A. (2018). *Calidad del suelo empleado con fines agricolas en el Valle de Joa, Canton Jipijapa*. Manta.
- REYES MENDOZA, O. A. (2010). *Caracterización del estado actual de los suelos del departamento de León, en base a sus características físicas y sistemas de producción. En el período abril 2009 a junio 2010*. León, Nicaragua: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA – LEON.
- Rivera, B., & Rock, C. (2014). La calidad del agua, E. coli y su salud. *Cooperative Extension*, 1-2.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Montevideo.
- Velázquez, E., & Vega, M. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos.

Viteri, M., Chalen, J., & Cevallos, Z. (2017). Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctica Baba. *Dominio de las ciencias*, 7.

## ANEXOS

**Cuadro 10.** *Rango de velocidad de infiltración*

Rango	Clase	Infiltración	Textura
Muy desfavorable	Muy lenta	<0,10 cm/hora	Pesadas
Desfavorable	Lenta	0,10-0,5 cm/hora	Pesados y moderadamente pesadas
Moderadamente desfavorable	Moderadamente lenta	0,5-2,0 cm/hora	Medias a pesadas
Regular	Moderada	2,0-6,0 cm/hora	Medias
Moderadamente favorable	Moderadamente rápida	6,0-12,0 cm/hora	Medias a livianas
Favorable	Rápida	12,0-25,0 cm/hora	Moderadamente livianas y livianas
Muy favorable	Muy rápida	+25,0	Muy livianas

Fuente: (Dorronsoro, 2007)

**Cuadro 11.** *Cronograma de actividades*

<i>Actividades</i>	<i>Fechas</i>
<i>Toma de coordenadas</i>	<b>02/05/19</b>
<i>Tasa de infiltración</i>	<b>02/05/19</b>
<i>Evaluación Visual de Suelo</i>	<b>02/05/19</b>
<i>Pendiente</i>	<b>02/05/19</b>
<i>Práctica de laboratorio de suelo</i>	<b>10/05/19</b>
<i>Recolección de artrópodos</i>	<b>25/06/19</b>
<i>Práctica de laboratorio de agua</i>	<b>07/09/19</b>
<i>Análisis de MO</i>	<b>10/11/19</b>

Fuente: Registro de actividades realizadas de investigación.

**Cuadro 12. Clasificación de demanda química de oxígeno**

<i>Criterio mg/l</i>	<i>Clasificación</i>
$DQO=10$	<b>Excelente:</b> No contaminada
$10<DQO=20$	<b>Buena calidad:</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable
$20<DQO=40$	<b>Aceptable:</b> con indicios de contaminación, aguas superficiales con capacidad de auto depuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
$40<DQO=200$	<b>Contaminada:</b> aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal
$DQO>200$	<b>Fuertemente contaminadas:</b> aguas superficiales con fuerte impacto de descarga de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: Subdirección Técnica de CONAGUA México (2007)

**Cuadro 13. Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno**

<i>Criterio mg/l</i>	<i>Clasificación</i>
$DBO= 3$	<b>Excelente:</b> No contaminada
$3<DBO=6$	<b>Buena calidad:</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.
$6<DBO=30$	<b>Aceptable:</b> con indicios de contaminación, aguas superficiales con capacidad de autodepuración, o con descargas de agua residuales tratadas biológicamente.
$30<DBO=120$	<b>Contaminada:</b> Aguas superficiales, con descargas de agua residuales crudas, principalmente de origen municipal.
$DBO>120$	<b>Fuertemente contaminada:</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: Subdirección Técnica de CONAGUA México (2007)

**Figura 1.** *Análisis de porcentaje de materia orgánica en área de café.*

LAQUISA-RT-FM-068-E

### INFORME DE ANÁLISIS

**Ciente:** ODESAR **Lugar de muestreo:** Finca Ebenezer, Comunidad: La Reyna  
**Dirección:** Frente al SILAIS, Matagalpa. **Municipio/Depto.:** San Ramón/Matagalpa  
**Nombre de muestra:** Productor: Julio López Ochoa, Cultivo de Café, **Fecha muestreo:** 2019/10/11  
Coordenadas: X: 0629848, Y: 1428791  
**Descripción muestra:** Suelo **Fecha de realización de ensayo:** 2019/10/17-2019/10/23  
**Fecha ingreso:** 2019/10/16 **Fecha de emisión:** 2019/10/23  
**Ref. laboratorio:** SU-3595-19 **Muestreado por:** Cliente  
**Número de muestreo:**

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-07	%	4,67

Fuente: Resultados de laboratorio LAQUISA

**Figura 2.** *Análisis de porcentaje de materia orgánica en área de granos básicos.*

LAQUISA-RT-FM-068-E

### INFORME DE ANÁLISIS

**Ciente:** ODESAR **Lugar de muestreo:** Finca Ebenezer, Comunidad: La Reyna  
**Dirección:** Frente al SILAIS, Matagalpa. **Municipio/Depto.:** San Ramón/Matagalpa  
**Nombre de muestra:** Productor: Julio López Ochoa, Cultivo de Frijol, **Fecha muestreo:** 2019/10/11  
Coordenadas: X:0629799, Y: 1428828  
**Descripción muestra:** Suelo **Fecha de realización de ensayo:** 2019/10/17-2019/10/23  
**Fecha ingreso:** 2019/10/16 **Fecha de emisión:** 2019/10/23  
**Ref. laboratorio:** SU-3596-19 **Muestreado por:** Cliente  
**Número de muestreo:**

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-07	%	4,40

Fuente: Resultados de laboratorio LAQUISA

Figura 3. Análisis de Dureza y Alcalinidad en agua

CSA		DEPARTAMENTO DE INGENIERIA			CODIGO		
		CONTROL DIARIO DE CALDERA RIO BLANCO			0224-EN-P71 002-F02		
ANALISIS DE AGUA							
ALIMENTACION		AGUA DE CALDERA			AGUA DE TRATADA (ABLADOR)		
Rango	TURNOS	Análisis	Rango	TURNOS	Análisis	Rango	Ablandador
	I			I			N° 1
							N° 2
8-9		Aspecto	Limpio		Dureza Total (mg/l)	Max. 1 mg/l	
Limpio		Alcalinidad P	Max. 600 mg/l		Alcalinidad M	-	
90°C		Alcalinidad M	Max. 600 mg/l		Ph		
1 mg/l		Fosfato	Max. 30 mg/l		Conductividad		
25 mg/l		Sulfito (N-1720)	Max. 30 mg/l		TDS		
20 mg/l		Solidos Totales Disueltos (TDS)	Max. 2500 mg/l		CONDENSADORES EVAPORATIVOS		
5 mg/l		PH	10.5 - 12 pH		Análisis	Rango	Condensador
40 mg/l		Silice	Max. 160 mg/l				N° 1
10 mg/l		Dureza Total	0.0 mg/l				N° 2
N/A		Alcalinidad OH	200-800 mg/l		Dureza Total (mg/l)		
10 mg/l		Cloruros	≤ 80 mg/l		Alcalinidad M	400 ppm	
40 µS		Hierro	< 1 mg/l		Ph	7.5-8.0	
0.1 mg/l		Nex-Guard	≥ 60 mg/l		Conductividad	<1400	
		Conductividad	≥ 5000 µS		TDS		

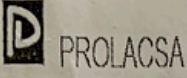
  

Paulino → DT: 10.4 ML N1 x 40 = 416 ✓	DT: 3.1 ML N1 x 40 = 124 ✓
Alc.P: 0	Alc.P: 56
Alc.M: 344	Alc.M: 132.

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio.



Figura 4. Resultados de Análisis de DBO en laboratorio.

	Sistema de Gestión Integrado				Código	0224-RB-F01-V01	
					Aprobó	M. Ochoa	
					Responsable	E. Lázquez	
					Fecha vigencia	No Revisión	
Formulario para registro de resultados de análisis de HHO*						sep-18	1
Análisis Realizado a UNAN Aguas Comunitarias SAN RAMON Matagalpa.							
Operador <u>Marelin Lopez</u>						Fecha <u>23/05/19</u>	
TABLA DE REFERENCIA PARA MONTAJE DE ANÁLISIS (Marque con una "X" Rango, Volumen y Factor Utilizado.)							
BSB / BOD / DBO (mg/l)	Fólv. / Filling Vol. (ml)	Factor / Factor	BSB / BOD / DBO (mg/l)	Fólv. / Filling Vol. (ml)	Factor / Factor		
0 ... 40	432	1	0 ... 400	164	10		
0 ... 80	360	2	0 ... 800	97	20		
0 ... 200	250	5	0 ... 2000	43.5	50		
Identificación del Punto de Muestreo							
Fecha de Inicio (Montaje)				Hora de Inicio (Montaje)			
N° de Cabezal		N° Botella Ámbar		Color de Cabezal		Amarillo ( ) Verde ( )	
Dilución		N° de Partes:					
Fecha Final				Hora Final			
N° de Días							
Día Uno ( 1 )		Día Dos ( 2 )		Día Tres ( 3 )		Día Cuatro ( 4 )	
Día Cinco ( 5 )		Día Seis ( 6 )					
Medición (Medición x Factor x # Partición.)				Promedio Final (= Resultado de la + de los días / los días.)			
Nombre de Op.							
Resultado Final (Medición x Factor x # Partición.)							
Observaciones:							
Aguas de Rio Comunidad la Reyna SAN RAMON.							
TABLA DE REFERENCIA PARA MONTAJE DE ANÁLISIS (Marque con una "X" Rango, Volumen y Factor Utilizado.)							
BSB / BOD / DBO (mg/l)	Fólv. / Filling Vol. (ml)	Factor / Factor	BSB / BOD / DBO (mg/l)	Fólv. / Filling Vol. (ml)	Factor / Factor		
0 ... 40	432	1	0 ... 400	164	10		
0 ... 80	360	2	0 ... 800	97	20		
0 ... 200	250	5	0 ... 2000	43.5	50		
Identificación del Punto de Muestreo							
Fecha de Inicio (Montaje)				Hora de Inicio (Montaje)			
N° de Cabezal		N° Botella Ámbar		Color de Cabezal		Amarillo ( ) Verde ( X )	
Dilución		N° de Partes:		250 mg/L			
Fecha Final				Hora Final			
N° de Días							
Día Uno ( 1 )		Día Dos ( 2 )		Día Tres ( 3 )		Día Cuatro ( 4 )	
Día Cinco ( 5 )		Día Seis ( 6 )					
Medición (Medición x Factor x # Partición.)				Promedio Final (= Resultado de la + de los días / los días.)			
Nombre de Op.							
Resultado Final (Medición x Factor x # Partición.)							
Observaciones:							
Aguas de Rio la Reyna.							
Fecha de Inicio (Montaje)				Hora de Inicio (Montaje)			
N° de Cabezal		N° Botella Ámbar		Color de Cabezal		Amarillo ( ) Verde ( X )	
Dilución		N° de Partes:		250 mg/L			
Fecha Final				Hora Final			
N° de Días							
Día Uno ( 1 )		Día Dos ( 2 )		Día Tres ( 3 )		Día Cuatro ( 4 )	
Día Cinco ( 5 )		Día Seis ( 6 )					
Medición (Medición x Factor x # Partición.)				Promedio Final (= Resultado de la + de los días / los días.)			
Nombre de Op.							
Resultado Final (Medición x Factor x # Partición.)							
Observaciones:							
70 mg/L							

Decreto N° 33-85, Art. 34.- Las descargas de aguas residuales en forma directa o indirecta a cuerpos receptores provenientes de la industria láctea y sus derivados, deberán cumplir con los rangos y límites y límites máximos. DBO (mg/l) <= 100, DCO (mg/l) <= 250, pH 6 a 9, Nitrógeno <= 45 mg/l.

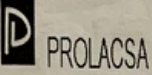
Nota: Las descargas de aguas residuales en forma o indirecta a cuerpos receptores, deberán cumplir con los rangos permisibles a continuación: Nitrógeno (N) 10 mg/l, Fósforo (P) 2 mg/l, DBO <= 100 mg/l.

Fuente: PROLACSA



Figura 5. Resultados de Análisis de DQO en laboratorio

hg = 23/05/19

 <b>PROLACSA</b>	<b>Sistema de Gestión Integrado</b>	Código	0224-RB-F02-V01
		Aprobó	M. Ochoa
Formulario diario para registro operacional PTAR.		Responsable	E. Lúquez
		Fecha vigencia	No. Revisión
		sep-18	1

Operador: Marcela López      Fecha: 23/05/19  
 Análisis Realizado a: Aguas de UNAM - Aguas Comunidades SAN RAMON (Mittac)

Tanque de igualación			
Hora	O <sup>2</sup> mg/l	pH	Bacterias ml
08:00	/	/	/
13:00	/	/	/
Promedio	/	/	/

Caudal salida	
Inicial:	/
Final:	/
m3 Total tratados 24 hrs:	

Colecta de muestras trampa de grasa y canal parshall				
Hora	Trampa de grasa		pH	T / C°
	Descripción de la muestra			
07:00	/		/	/
08:00	/		/	/
09:00	/		/	/
10:00	/		/	/

Canal parshall			pH	T / C°
Descripción de la muestra				
/			/	/

Nitrógeno (N)		
Punto de muestro	Estación de bombeo	Canal Parshall
PH	/	/
Dilución	/	/
Resultado	/	/

Fosforo (P)		
Punto de muestro	Estación de bombeo	Canal Parshall
Dilución y N° partes	/	/
Filtración	/	/
pH	/	/
Resultado	/	/

Aguas de Rio Comunidad la Reyna San Ramon

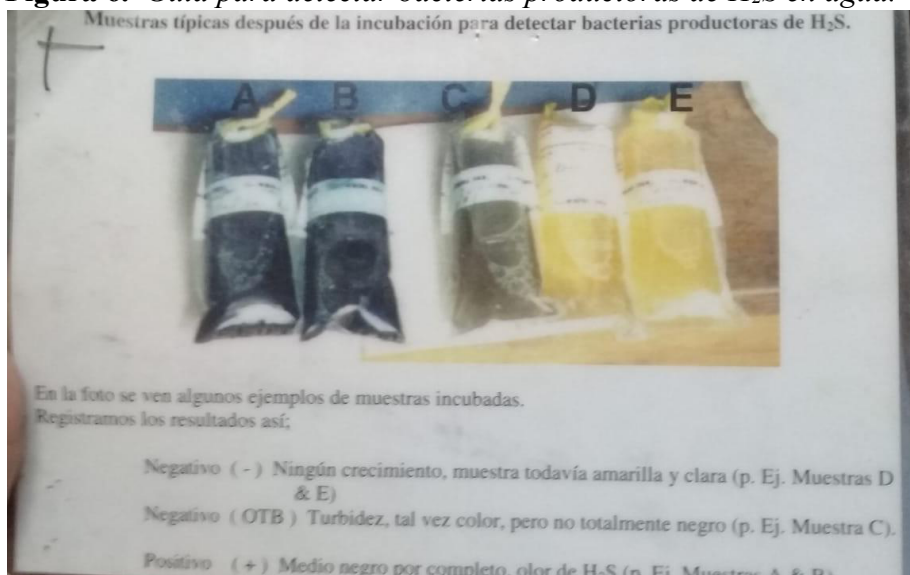
DQO		
Punto de muestro	Estación de bombeo	Canal Parshall
Hora de inicio digestión	12:50 PM	
Hora final digestión	2:50 PM	
Dilución y N° partes	-	
Rango del reactivo	15-300	
Código del reactivo	- 114895	
Resultado	98 Ng/L	PH: 7.35

Decreto N° 33-95. Arto. 34.- Las descargas de aguas residuales en forma directa o indirecta a cuerpos receptores provenientes de la industria láctea y sus derivados, deberán cumplir con los rangos y límites y límites máximos. DBO (mg/l) <= 100, DQO (mg/l) <=250, pH 6 a 9, Nitrógeno <= 45 mg/l.

NER: Las descargas de aguas residuales de forma o indirecta a cuerpos receptores, deberán cumplir con los rangos permisibles a continuación: Nitrógeno (N) 10 mg/l, Fosforo (F) 2 mg/l, DQO 125 mg/l, DBO 45 mg/l.

Fuente: PROLACSA

**Figura 6.** Guía para detectar bacterias productoras de H<sub>2</sub>S en agua.



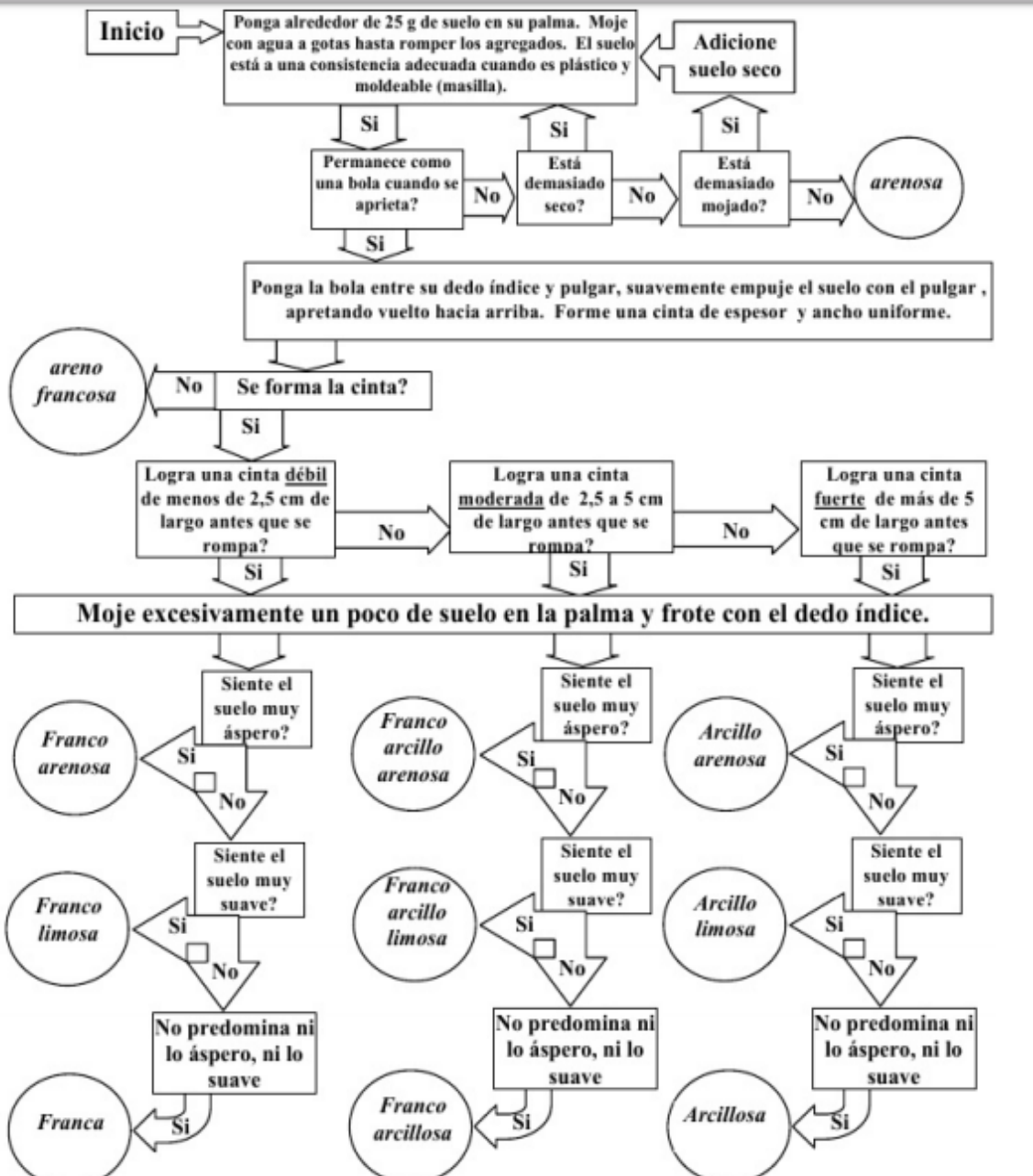
Fuente: Fotografía de guía tomada por investigadores.

**Figura 7.** pH de agua en finca Ebenezer.



Fuente: Fotografía tomada por investigadores.

Figura 8. Método al tacto para la determinación de clases texturales



Fuente: Fotografía tomada por investigadores.



**Figura 9.** Prueba de infiltración en finca Ebenezer.



Fuente: Fotografía tomada por investigadores.

**Figura 10.** Análisis de pH de suelo en Laboratorio.



Fuente: Fotografía tomada por investigadores.

**Anexo A.**  
**ENTREVISTA**

**I. DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR**

Nombre del productor(a) \_\_\_\_\_

Identificación del productor(a) \_\_\_\_\_

Comunidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Departamento \_\_\_\_\_

Coordenadas X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ Altura (z) \_\_\_\_\_

Está organizado: Cooperativa \_\_\_\_ Asociación de productores \_\_\_\_

Organización \_\_\_\_\_

Privado \_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

Cuáles son sus fuentes de ingreso

Agricultura -----

Ganadería -----

Artesanía -----

Otros -----

**II. INFORMACION DE GRUPO FAMILIAR**

Nombre	Parentesco	Edad	Lee y Escribe	Trabaja c/la familia

**III. DATOS GENERALES DE LA FINCA**

Tenencia de la finca: Propia \_\_\_\_ Alquilada \_\_\_\_ A medias \_\_\_\_ Comunal \_\_\_\_\_

Si es alquilada la tierra el tiempo en meses \_\_\_\_

Propietario de la tierra o responsable del arrendamiento Hombre \_\_\_\_ Mujer \_\_\_\_\_

Área total \_\_\_\_\_ has (o según en la unidad que lo exprese el productor).

Agrícola \_\_\_\_\_ has Forestal \_\_\_\_\_ has

Pecuaria \_\_\_\_\_ has Otros \_\_\_\_\_ has

**IV. FUENTES DE AGUA**

	Ubicación		Uso	
	En la finca	Fuera de la finca	riego	consumo humano
ganado				
Pozo	_____	_____	_____	_____
Rio	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Quebrada \_\_\_\_\_  
Ojo de agua \_\_\_\_\_  
Reservorio \_\_\_\_\_  
Ninguno \_\_\_\_\_

Si ud tiene pozo, responda lo siguiente

¿Año de construcción del pozo?

¿Profundidad?

¿Uso del agua?

¿Forma de construcción?

¿Forma de extraer el agua?

¿Ubicación desde la casa?

¿Protección de la fuente?

¿Medida/ tamaño del pozo?

¿Volumen de agua?

## V. DISTRIBUCION DEL TRABAJO FAMILIAR

¿Emplea mano de obra familiar o contratada?

¿Cuántos familiares trabajan con usted en su finca?

¿Cuánto paga por la jornada de trabajo? (si contrata mano de obra)

## VI. PRODUCCION

¿Qué tipo de cultivos siembra en su finca?

¿Utiliza productos químicos en sus fincas y para que los usa?

**¿Qué animales tipos de animales cría en su finca?**

**¿Cuál es el objetivo de la producción de sus cultivos?**

**¿Cuál es el objetivo de la producción animal?**

**¿Realiza otro tipo de actividades económicas?**

**¿Cuál es el rendimiento de sus cultivos por rubro?**

**¿A qué precio vende la producción de sus cultivos?**

**VII. SERVICIOS DE EXTENSION AGRICOLA**

**Recibe o recibió asistencia técnica: Si----- No-----**

**De que institución u organización recibe asistencia técnica:**

<b>Institución</b>	<b>Frecuencia # visitas por mes</b>
<b>Privado</b> -----	-----
<b>Publico</b> -----	-----
<b>ONG</b> -----	-----
<b>Cooperativa</b> -----	-----
<b>Campeño</b> -----	-----
<b>Otro</b> -----	-----