

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

UNAN-Managua

Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa

FAREM-Matagalpa



Monografía para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en la comunidad el Naranjo, San Ramón - Matagalpa 2019.

Autores:

Br. Ethel Mileydi Díaz Gámez

Br. Elder Otoniel Fargas

Tutor

Ing. Anielka Karina Chavarría López

Asesores

PhD. Francisco Javier Chavarría Arauz

Ing. Tatiana Massiel Laguna Sevilla

Matagalpa, Febrero 2020



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

UNAN-Managua

Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa

FAREM-Matagalpa



Monografía para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en la comunidad el Naranjo, San Ramón - Matagalpa 2019.

Autores:

Br. Ethel Mileydi Díaz Gámez

Br. Elder Otoniel Fargas

Tutor

Ing. Anielka Karina Chavarría López

Asesores

PhD. Francisco Javier Chavarría Arauz

Ing. Tatiana Massiel Laguna Sevilla

Matagalpa, Febrero 2020



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le damos infinitas gracias a Dios nuestro señor por habernos permitido culminar una de nuestras metas, por darnos los dones de inteligencia, rectitud, fe, sabiduría y esperanza durante todo este proceso de formación profesional y esperando que el señor nos siga bendiciendo para permitirnos llevar a cabo más metas tanto espirituales como profesionales.

A todos y cada uno de los miembros de nuestras familias, quienes nos han apoyado de manera muy especial contribuyéndonos moralmente y económicamente, sus valiosos consejos han sido muy importantes para no declinar en el proceso y así lograr ser profesionales exitosos.

A PhD. Francisco Chavarría e Ing. Anielka Chavarría por su especial atención y sobre todo paciencia para transmitirnos sus valiosos conocimientos, además de cultivar en nosotros valores como la perseverancia, responsabilidad, puntualidad y de esta manera lograr la finalización de nuestra investigación.

A los docentes Julio Laguna, Evelyn Calvo, Jairo Rojas, Rosa María Vallejos y Virginia López, por sus enseñanzas durante todos estos años y por el apoyo incondicional resolviendo nuestras incógnitas.

A nuestros compañeros, por haber compartido muchas experiencias buenas y malas de las cuales nos llevamos la lección aprendida y bonitos recuerdos además de haber logrado superar los impases y así lograr alcanzar la meta deseada.

Br. Ethel Mileydi Díaz Gámez

Br. Elder Otoniel Fargas

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de culminar con mi carrera, por ser mi guía en todo momento, y contar siempre con su bendición, llenarme de sabiduría, entendimiento y regalarme las fuerzas necesarias para levantarme ante cualquier obstáculo.

A mis padres: José Francisco Díaz y Julia Gámez, que con sus esfuerzos y amor han logrado apoyarme siempre en este caminar, por inculcarme los valores desde mi niñez para llegar a ser quien ahora soy.

A mis hnas. (o) y sobrinitos, por apoyarme y alentarme a seguir adelante cuando se me presentaban las necesidades.

A mi tía Paula López por apoyarme en lo largo de mis estudios universitarios, brindándome su cariño y techo digno de amor hacia mi persona.

A mis maestros y amigos (a): PhD Francisco Chavarría y PhD Evelyn Calvo, por su paciencia, esfuerzo y dedicación en esta vida profesional, por compartir sus conocimientos, amistad y consejos, que siempre estuvieron cuando más los necesitaba, al resto de maestros que a lo largo de mi vida han forjado mi educación.

Br. Ethel Mileydi Díaz Gámez

DEDICATORIA

A Dios: por darme la sabiduría, la fortaleza, entendimiento, por ser mi guía, gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mi madre: Zeneyda Luna, porque ella siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos (@s) Por sus palabras y poyo en todo momento de mi vida.

A mis maestros y amigos (a): PhD Francisco Chavarría y PhD Evelyn Calvo, por su dedicación, paciencia, esfuerzo y por compartir su conocimiento durante mi carrera profesional. Y a todas aquellas personas que de una u otra manera me han apoyado brindándome sus consejos.

Br. Elder Otoniel Fargas

OPINIÓN DEL TUTOR

Por medio de la presente extiendo valoración sobre el trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de los Egresados **ETHEL MILEYDI DÍAZ GÁMEZ y ELDER OTONIEL FARGAS**, con el título “**Efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en la comunidad el Naranjo, San Ramón**”.

Según mi valoración, el trabajo presentado por **DÍAZ GÁMEZ y FARGAS**, 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 Díaz Gámez y Fargas, logren alcanzar sus próximas metas.

Anielka Karina Chavarría López

Tutora

RESUMEN

La investigación se realizó en la comunidad el Naranjo, municipio de San Ramón departamento de Matagalpa, año 2019, tuvo carácter participativo. Las variables fueron: propiedades físicas, químicas, biológicas, en suelo y agua. Su propósito determinar efecto de los bioindicadores de calidad de suelo y agua, sobre el bienestar humano, durante el periodo indicado. El trabajo se justifica porque posee valor teórico, utilidad práctica, y por los beneficios que genera sobre las dimensiones del desarrollo sostenible. La investigación se aborda de acuerdo al tipo de estudio descriptivo, con enfoque cuali-cuantitativo, de corte transversal. La población fue de 5 parcelas tomando como muestras 2 de ellas seleccionadas por conveniencia; es decir, un bajo manejo tradicional en granos básicos y la siguiente, cultivo de café bajo sistema agroforestal (SAF). Se encontró pobre diversidad de organismos de suelo, aunque abundancia de tijeretas (*Labiduria riparia*), lombrices (*Eisenia foetida*) y termitas (*Reticulitermes lucifugus*), sobre todo en parcela de café bajo SAF; en la parcela de café bajo SAF se encontró 9.31% de MO y 6.4% en las parcelas de granos básicos. El agua proveniente de pozo, resultó de baja calidad, encontrándose contaminación y presencia de patógenos. Se concluye que la calidad de las parcelas es aceptable, lo que redundará en beneficios económicos, sociales y ambientales para el productor y su familia, por cuanto reduce aplicaciones de fertilizantes y abonos, sin dejar de obtener rendimientos aceptables.

Palabras clave: Bioindicadores, suelos, agua, afectación, bienestar humano

Contenido

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
OPINIÓN DEL TUTOR.....	iv
RESUMEN.....	v
CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACION	3
1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACION.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II	6
2.1 MARCO REFERENCIAL	6
2.1.1 ANTECEDENTES.....	6
2.1.2 MARCO TEÓRICO.....	7
CAPITULO III	27
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO	27
3.1.1 Descripción de la Zona de Estudio.....	27
3.1.2 Tipo de Investigación	28
3.1.3 Población de Estudio	28
3.1.4 Muestra.....	28
3.1.5 Cuadro 1. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	29

3.1.6 Métodos y técnicas para la toma de datos.....	30
CAPITULO IV	32
4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1.1 Indicadores de calidad de suelo	32
4.1.2 Indicadores de calidad de agua	45
CAPITULO V	54
5.1 CONCLUSIONES	54
5.2 RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFIA	56
ANEXOS	66

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION

La 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, para que los productores tomen en cuenta, la importancia que tienen estos para contribuir a mejorar la calidad de los suelos y agua.

El suelo es un entorno vibrante que sirve de hábitat a miles de especies, que constituyen la biodiversidad del suelo y cuyo trabajo crea las condiciones en las que puede crecer las plantas y alimentarse los animales superiores. También hace posible que las sociedades humanas puedan obtener materias primas esenciales. El problema es que día a día el suelo se encuentra más amenazado que nunca; el uso que se hace y el modo en que se gestiona se suma al cambio climático, están produciendo efectos de gran alcance; esto se debe a que el suelo es un recurso ^{sumamente} sensible y no es renovable a corto plazo, puesto que necesita décadas e incluso siglos para formarse. (Unión Europea, 2010)

Los organismos del suelo trabajan en equipo y desempeñan tareas vitales para el funcionamiento del planeta: descomponen la materia orgánica; hacen posible que el suelo almacene y libere carbono, ayudando a regular el clima; purifican el agua que se filtra a través del suelo limpiándola de contaminantes también aportan las estructuras necesarias para retener y almacenar agua en el suelo, y en acuíferos subterráneos; controlan los brotes de plagas cuanto, cuanto más rica es la biodiversidad del suelo mayor es el número de predadores (Unión Europea, 2010)

El estudio se llevó a cabo en la comunidad el Naranjo específicamente en la finca Buenos Aires ubicada a 19 kilómetros de Matagalpa; la unidad de producción está dividida en 5 parcelas las cuales se tomaron como la población de estudio y la muestra solamente fueron 2 parcelas, la recopilación de la información se realizó a través de la entrevista, y hojas de campo que fueron procesados en los programas de Word y Excel.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los propietarios 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 practicas menos dañinas para la conservación de suelos y agua. Ejemplo de ello es que aplican agroquímicos tal como glifosato y 2,4D (Herbicida) para el control de malezas que afectan a los cultivos antes mencionados.

Al realizar las prácticas agrícolas no indicadas se destruye gran parte de los componentes del suelo y su fauna que pueden ser microorganismos benéficos además de esta manera 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.

1.2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACION

1.2.1.1 Pregunta General

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

1.2.1.2 Pregunta Especificas

¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en la comunidad el Naranjo?

¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico de la comunidad el Naranjo?

¿Cómo afecta el deterioro bioindicadores de calidad de suelo y agua a los productores de la finca en estudio?

1.3 JUSTIFICACION

Nuestros sistemas agrícolas tienen gran influencia sobre los organismos del suelo, incluyendo sus actividades y su biodiversidad. El aclareo de terrenos forestales o pastizales para el cultivo afecta al entorno del suelo y reduce drásticamente la cantidad y número de especies de organismos del mismo. Una disminución del número de especies vegetales con diferentes sistemas de raíces, de la cantidad y calidad de sus residuos, o del contenido de materia orgánica del suelo, limita la variedad de hábitat y alimentos para los organismos del suelo (FAO, 2015)

Si bien la utilización de insumos externos especialmente fertilizantes inorgánicos y plaguicidas puede mitigar algunas de las limitaciones de los suelos para la producción de cultivos, el uso excesivo o abusivo de productos agroquímicos ha degradado el medio ambiente, especialmente los recursos hídricos y el suelo. La calidad y la salud de los suelos condicionan en gran medida la producción y sostenibilidad agrícolas, la calidad medioambiental y como consecuencia de ambas, afectan a la salud vegetal, animal y humana. Mejorar la biodiversidad de los suelos es vital para garantizar la salud de los mismos y la seguridad alimentaria y nutricional futura (FAO, 2015)

A nivel de Centroamérica, Nicaragua es el país donde se reportan los más bajos rendimientos productivos 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 (Lumbi & Muñoz, 2017).

Por medio de la presente investigación se pretende evaluar los efectos de los indicadores físico, químico y biológicos tanto de recursos hídricos como de suelo en el rendimiento de las cosechas. Para poder sugerir alternativas para mejorar la problemática de estos pequeños productores en la comunidad el Naranjo.

Los resultados de la presente investigación serán de mucha ayuda investiga como referencia de la situación de los suelos y agua que existe en esta comunidad, a los productores de la finca en estudio le permitirá tener una idea exacta y amplia de la situación de los suelos de sus parcelas y así poder tomar mejores decisiones a la hora de cultivar además a través del estudio se podrá sugerir soluciones alternas para el problema de agua que se tiene en la comunidad.

A los estudiantes de la carrera de ingeniería agronómica y carrera a fines 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 OBJETIVOS DE INVESTIGACION

1.4.1 Objetivo general

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

1.4.2 Objetivos específicos

Identificar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos Finca Buenos Aires, en la comunidad el Naranjo

Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico de la Finca Buenos Aires, comunidad el Naranjo

Describir cómo afecta el deterioro de los bioindicadores de calidad de suelo y agua en la finca Buenos Aires.

CAPITULO II

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 ANTECEDENTES

Al realizar la búsqueda de información retomamos el antecedente de una provincia del Ecuador, por la importancia en relación a la temática en estudio. Se efectuó con la finalidad de determinar la variabilidad de los nutrimentos en los suelos, en un área destinada a cultivos de ciclo corto en la comunidad de Joa. Los resultados fueron un nivel óptimo en la mayoría de nutrientes, no así en nitrógeno que fue bajo. 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. Adicionalmente, desconocen la importancia de las prácticas conservacionistas de los suelos, ya que no han recibido capacitaciones sobre esta problemática (Quimis, Jaramillo, Álvarez, & Rodríguez, 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, Agudelo, & Gutiérrez, 2017)

Se encontró otro antecedente en Nicaragua, que también es importante para sustentar el estudio. Este se realizó con el objetivo de analizar el estado actual de los suelos agrícolas en los departamentos de León y Chinandega en periodo comprendido de febrero-noviembre 2010 de acuerdo a sus indicadores biológicos más comunes. Los resultados obtenidos observan en primera instancia una correspondencia entre los suelos agrícolas con las mejores condiciones físicas-químicas y los de mayor actividad microbiana, así mismo las correlaciones existentes, llegan a determinar que en los suelos de mayor contenido en materia orgánica la mineralización es menor, posiblemente debido a la acumulación del sustrato orgánico, favoreciendo la inmovilización de elementos esenciales, resultado del uso y manejo convencional de la unidad productiva (Castillo, 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 de las comunidades estudiadas (Montoya, Montenegro, & Bayardo, 2019)

2.1.2 MARCO TEÓRICO

2.1.2.1 La biota

La biota del suelo la compone el conjunto de la fauna y la flora que viven en él. La biota es el conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada del suelo.

Básicamente 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 Bioindicadores

Los bioindicadores son 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 (Blanco, 2018), es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio. 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 (Estrada, 2017)

Los bioindicadores nos dan pauta de que tan degradado esta un ecosistema ya sea de suelo o de agua, ya que estos son vulnerables a las condiciones climáticas de su alrededor y a todas las actividades que se realicen en torno a ellos.

2.1.2.3 Red trófica del suelo

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.

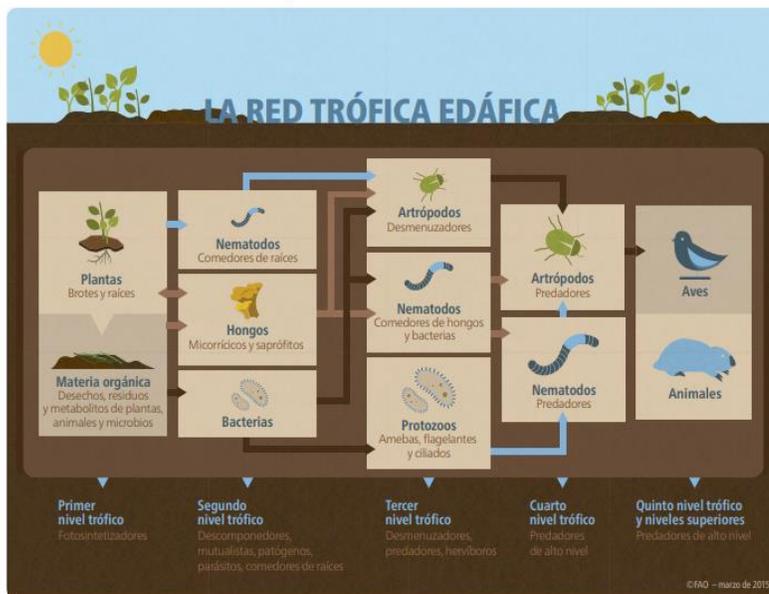


Figura 1. Red trófica de fauna de suelo Fuente: FAO (2015)

2.1.2.4 Calidad de suelo

El suelo es 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, y 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 y 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 del agua y del aire, y sustentar la salud humana y su morada (Martínez, 2012)

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.

El suelo está compuesto por tres fases: la fase solida constituida por la parte mineral y materia orgánica, la fase liquida que la compone el agua y los solutos disueltos en ella, la fase gaseosa formada por aquellos compuestos que se encuentran en estado gaseoso cuyos representantes más abundantes son el oxígeno y el vapor de agua.

2.1.2.5 Indicadores de calidad de suelos

2.1.2.5.1 Indicadores físicos

En general se puede decir que un suelo físicamente ideal o suelos aptos para producir, en el cual se espera el mejor comportamiento de estos cultivos y la mejor utilización de los fertilizantes, es el que tiene su volumen distribuido así 50% en solidos (minerales y materia orgánica) y 50% de espacios porosos que puede estar ocupado por aire y agua o solo agua.

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente (Singer & Ewing, 2000). 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. (Singer & Ewing, 2000)

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. (Bautista, Etchevers, Del Castillo, & Gutiérrez, 2004)

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.

2.1.2.5.2 Propiedades físicas de los suelos

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 (Herrera, 2010)

2.1.2.5.2.1 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 (MAG, FAO, & GDC, 2013)

2.1.2.5.2.2 Porosidad

La porosidad está compuesta por los poros o pequeñas cavidades que existen en el suelo y que se clasifican en micro poros y macro poros.

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 (Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill, 2014)

En los suelos arenosos los poros son grandes permitiendo que agua y aire penetran fácilmente, contrario a los suelos con partículas más pequeñas como los arcillosos. El intercambio gaseoso en el medio ambiente y la formación del sistema radical para la absorción de agua y nutrientes por las raíces, se facilita cuando el suelo tiene buena capacidad de aire.

2.1.2.5.2.3 Color del suelo

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 colores pardos, rojizos, 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 (MAG, FAO, & GDC, 2013)

Por otra parte, los suelos rojos contienen grandes cantidades de óxido de hierro, lo que significa que puede interferir en el grado de solubilidad de elementos como los fosfatos necesarios para las plantas, pero también indica que el terreno es drenado y no muy húmedo. Los que suelen tener un color amarillo, son pocos fértiles debido que los óxidos de hierro han reaccionado frente al agua convirtiéndolos en una zona mal drenada.

2.1.2.5.2.4 Moteado del suelo y su abundancia

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 (Graham, 2000)

2.1.2.5.2.5 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, 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 (FAO, 2016)

La compactación también reduce y el volumen y la continuidad de los macro poros con la cual se reduce la conductividad de aire y de agua. Las principales causas de compactación son el laboreo del suelo y pastoreo de ganado vacuno, en condiciones de humedad inadecuadas o con una intensidad mayor a la aceptable para el suelo puede causar compactación. Una forma de medir la compactación es la resistencia a la penetración, lo cual se consigue con un penetrómetro.

2.1.2.5.2.6 Cobertura del suelo

La presencia de cobertura (residuos de la cosecha o paja) proporciona beneficios significativos para estimular el aporte de nutrientes, reciclaje de 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. 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 (Graham, 2000)

2.1.2.5.2.7 Profundidad del suelo

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 (Arteta, 2016)

La profundidad efectiva es aquella hasta la que pueden penetrar las raíces de las plantas sin dificultad. Está limitada por la presencia del material parental en el perfil inferior. Si el suelo no proporciona el medio físico adecuado para el desarrollo de las raíces en las plantas la producción será baja y la fertilización ineficiente.

2.1.2.5.2.8 Textura del suelo

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 (FAO, 2019)

La textura está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de los poros del suelo. La composición mineral de suelo afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas. La textura tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración de las raíces.

De acuerdo al mayor o menor contenido de arena, limo y arcilla, los suelos pueden clasificarse en 12 clases texturales donde las más importantes son arenoso, arcilloso, franco.

2.1.2.5.2.9 Pendiente

La pendiente del terreno es uno de los parámetros que más utilizamos sin darnos cuenta cuando hablamos de lo que no cuesta subir cierta inclinación que presenta el terreno. Es la inclinación que hay de una superficie con respecto a lo horizontal (suelo), o es decir la relación que existe entre el desnivel (Y) y la distancia en horizontal (X) que debemos recorrer. Se expresa en porcentaje o en grados (Llenardi, Luna, Padrón, Rodríguez, & Sandra, 2016)

La pendiente es el grado de inclinación que presenta el suelo, influye en el grado de lixiviación del suelo- agua de escorrentías o que corre la superficie del suelo

2.1.2.5.2.10 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 (SEPOR, 2017)

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 (Pérez, 2014)

2.1.2.5.2.11 Capacidad de campo

La capacidad de campo es 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 (alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego (Andrades, Moliner, & Masaguer, 2015)

2.1.2.5.2.12 Punto de marchitez permanente

El Punto de marchitez permanente (P.M.P), 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 (Cisnero, 2010)

2.1.2.5.2.13 Capacidad retención agua disponible

La capacidad de retención de agua disponible es la cantidad de agua retenida por el suelo que puede ser absorbida por las plantas. La diferencia entre los valores de humedad a capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente representa la capacidad de retención de agua disponible (Flores & Alcalá, 2010)

2.1.2.5.2.14 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) 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 (Pritchett, 1990)

2.1.2.5.3 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)

2.1.2.5.4 Propiedades químicas de los suelos

2.1.2.5.4.1 pH del suelo

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 (Foth, 2012)

2.1.2.5.4.2 Materia orgánica

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 CO₂ en el planeta (CRS, 2016)

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 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 (Derpsch & Benites, 2003)

2.1.2.5.5 Propiedades biológicas de los suelos

2.1.2.5.5.1 La meso y macro fauna del suelo

2.1.2.5.5.1.1 Generalidades

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, los moluscos y algunos vertebrados roedores y mamíferos pequeños (Jaramillo, 2002)

La mayoría de los animales de la meso y macro fauna 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. 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. (Jaramillo, 2002)

2.1.2.5.5.1.2 Importancia de los meso y macroorganismos

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: Aumentan la disponibilidad de algunos nutrientes para las plantas, lo cual se mejora el aporte de biomasa: Lombriz incrementa disponibilidad de P, K y C. Hormigas mejoran disponibilidad de Ca y Mg. Las termitas aumentan la disponibilidad de Ca, Mg, K, Na, C y P ((IGAC), 2014)

Algunos organismos como ciempiés, arañas, escorpiones, coleópteros y colémbolos son predadores y mantienen en equilibrio las poblaciones de otros organismos. Los macro invertebrados crean galerías y huecos dentro del suelo que mejoran su aireación y su permeabilidad. Aceleran la descomposición de la materia orgánica al incorporar cría al suelo y activar procesos de mineralización y de humificación. Mejoran la agregación y la porosidad. Suprimen del medio, varios organismos peligrosos o enfermos. Incrementan la actividad de microorganismos benéficos. (Jaramillo, 2002)

2.1.2.5.5.1.3 Anélidos (*Annelida*)

Las lombrices de tierra son anélidos oligoquetos clitelados macroscópicos que viven en el suelo. Estos invertebrados representan la mayor biomasa animal en la mayoría de ecosistemas templados terrestres, influyen de forma muy significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y juegan un papel crucial en la modificación de la estructura del suelo y en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes (Dominguez, Aira, & Gómez, 2009)

Se han descrito más de 8000 especies de lombrices de tierra, aunque de la gran mayoría sólo se conoce el nombre y su morfología, y se desconoce su biología y ecología. Las distintas especies de lombrices tienen estrategias vitales diferentes, ocupan nichos ecológicos distintos y se han clasificado, sobre la base de su alimentación y de la zona del suelo en la que viven, en tres categorías ecológicas: epigeas, anécicas y endogeas (Dominguez, Aira, & Gomez, 2009)

Las especies epigeas viven en el horizonte orgánico, en o cerca de la superficie del suelo, alimentándose principalmente de materia orgánica en descomposición (restos vegetales, heces de animales, etc.). Suelen ser especies de pequeño tamaño, pigmentadas y con altas tasas metabólicas y reproductivas que les permiten adaptarse a las condiciones ambientales tan variables de la superficie del suelo. Producen deyecciones holorgánicas y presentan una tasa alta de consumo, digestión y asimilación de la materia orgánica, por lo que juegan un papel clave como transformadoras del mantillo. (Dominguez, Aira, & Gomez, 2009)

Las especies endogeas viven a mayor profundidad en el perfil del suelo, y se alimentan principalmente de suelo y de la materia orgánica asociada. Tienen poca pigmentación, y construyen sistemas de galerías horizontales muy ramificadas, que llenan con sus propias deyecciones mientras se mueven por el horizonte orgánico-mineral del suelo. A diferencia de las lombrices epigeas, las especies endogeas presentan tasas de reproducción más bajas y ciclos de vida más largos, y son más resistentes a períodos de ausencia de alimento.

Las especies anécicas viven de forma más o menos permanente en galerías verticales, que pueden extenderse varios metros hacia el interior del perfil del suelo. Por las noches emergen a la superficie para alimentarse de hojarasca, heces y materia orgánica en descomposición, que transportan al fondo de sus galerías; depositan sus excrementos en la superficie. Normalmente estas lombrices son grandes y de color pardo oscuro. Sus tasas reproductivas son relativamente bajas (Dominguez, Aira, & Gomez, 2009)

2.1.2.5.5.1.4 Artrópodos

Los artrópodos (del griego ἄρθρον, arthron, articulación, y podos, pie) son el filo más diverso de los metazoos (animales pluricelulares), con más de un millón de especies descritas. Son animales segmentados, y se caracterizan por poseer un esqueleto externo articulado compuesto de quitina, con apéndices con musculatura propia en posición ventrolateral, pareados en cada uno de los segmentos. Al ser rígido este exoesqueleto no permite el crecimiento, que se realiza mediante mudas, es decir, se desecha el exoesqueleto que se ha quedado pequeño, y se forma otro adecuado al mayor tamaño del individuo en crecimiento (Ribera, Melic, & Torralba, 2015)

El tamaño de los artrópodos es enormemente variado, El patrón ancestral, que es también el más extendido, es el de reproducción sexual, con individuos con sexos separados, y oviparismo. Del huevo emerge una larva que normalmente es diferente al adulto, y que tras varios procesos de muda y crecimiento finalmente adquiere los órganos sexuales al alcanzar el estado adulto. Hay también múltiples tipos de desarrollo larvario con diversos grados de metamorfosis, desde la sucesión de estadios larvarios prácticamente idénticos entre sí excepto por el tamaño hasta la reconstrucción casi total del individuo adulto en los insectos holometábolos

Los artrópodos actuales se dividen en dos grandes grupos, los quelicerados (Chelicerata) y los mandibulados (Mandibulata), entre los quelicerados se encuentran los arácnidos (Arachnida: arañas, escorpiones y grupos afines). Los arácnidos incluyen cuatro linajes principales: 1) solífugos y pseudoescorpiones, 2) opiliones y escorpiones, 3) ácaros, y 4) tetrapulmonados, que a su vez incluyen a las arañas. Los mandibulados incluyen a los miriápodos, crustáceos y hexápodos. Se caracterizan por la presencia de mandíbulas, apéndices cefálicos modificados para la función de apresar y manipular el alimento (Ribera, Melic, & Torralba, 2015)

2.1.2.5.5.1.5 Nematodos

Organismos microscópicos, multicelulares, semitransparentes, cuerpo en forma de gusano, no segmentado, anillado superficialmente, con simetría bilateral, poseen todos los sistemas orgánicos, excepto el respiratorio y circulatorio. Muchos de los nematodos son de vida libre y se alimentan de bacterias, hongos, protozoos y otros nematodos (40% de las especies descritas). Otras son parásitos de animales invertebrados y vertebrados (45%). El 15 % de las especies descritas son parásitos de plantas (Guzmán, 2016)

2.1.2.5.5.2 Según su estrategia de alimentación en los cultivos se clasifican

2.1.2.5.5.2.1 Ectoparásitos

Permanecen fuera de la planta y utilizan su estilete para alimentarse de las células de las raíces, Lo anterior le facilita cambiar de hospedera, pudiendo obtener su alimento de numerosas plantas; sin embargo su movilidad los hace muy susceptibles a las fluctuaciones ambientales y a depredadores. En general, son de mayor tamaño y con estiletes más largos que los endoparásitos, lo que les ayuda a alimentarse de las partes profundas de la raíz, Ponen huevos individualmente en el suelo o en la rizosfera (Guzmán, 2016)

2.1.2.5.5.2.2 Endoparásitos

Son los nematodos que penetran completamente dentro de las raíces; por consiguiente, se alimentan, se desarrollan y ponen los huevos en su interior o adheridos a ellas, Estos nematodos se dividen en: - endoparásitos sedentarios - endoparásitos migratorio

2.1.2.5.5.2.2.1 Endoparásitos sedentarios

Tienen un estilete pequeño y delicado; los juveniles entran al tejido de la planta donde desarrollan un sitio de alimentación fijo e inducen la formación de un sofisticado sistema de células llamado sincitio (células gigantes), se tornan inmóviles, adquieren una forma abultada para formar y depositar los huevos. Los machos carecen de aparato digestivo funcional; Ejemplos: Meloidogyne, Globodera, Heterodera, Nacobbus, y Punctodera (Guzmán, 2016)

2.1.2.5.5.2.2 Endoparásitos migratorios

Retienen su movilidad y no están fijos en un sitio de alimentación dentro de los tejidos de la planta, Se alojan y migran a través de los tejidos, no forman células modificadas de alimentación, ni saco de huevos Ejemplos representativos: *Pratylenchus*, *Hirschmanniella*, *Radopholus*.

2.1.2.5.5.2.3 Semi-endoparásitos

La parte anterior del nematodo penetra las raíces y la parte posterior permanece en contacto con el suelo, Las hembras se alimentan con el cuerpo parcialmente embebido en las raíces, son de forma irregularmente abultada, poseen un saco de huevos y se alimentan de células modificadas, En general, el tamaño de los nematodos y la longitud del estilete son intermedios comparados con los endoparásitos y ectoparásitos, Ejemplos representativos: *Tylenchus semipenetrans*, *Rotylenchus reniformi* (Guzmán, 2016)

2.1.2.5.5.3.6 Nematodos de tallos y bulbos

Atacan las partes superiores e inferiores de las plantas, Usan películas de agua para migrar hasta el tallo de la planta y por lo tanto son más perjudiciales en condiciones húmedas, La etapa infecciosa es la cuarta etapa juvenil Ejemplo: *Ditylenchus* spp, *Bursaphelenchus xylophilus*.

2.1.2.5.5.3.7 Nematodos de agallas en Semillas

Fueron los primeros nematodos Fito parásitos descritos en la literatura científica en 1743 Migran como J2 en películas de agua hacia las hojas de las plantas donde se alimentan como ectoparásitos en las puntas, causando distorsión de las hojas. En la floración el J2 penetra los primordios florales y comienza a alimentarse de la semilla en desarrollo, muda, continúa alimentándose, y eventualmente mata a la semilla formando agallas ennegrecidas Ejemplo: *Anguina* spp (Guzmán, 2016)

2.1.2.5.5.3.8 Moluscos

Los moluscos del suelo que tienen importancia agrícola son todos del grupo de los gasterópodos (gasterópodos) se les incluyen especies con concha, llamados caracoles, y otros en que la concha está muy reducida o ausente, llamados babosas.

2.1.2.6 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 agua de lluvia (infiltración y percolación), otras localizadas (ríos, arroyos, lagos).

2.1.2.7 Calidad de agua

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 (Rivera & Rock, 2014)

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, 2008)

La calidad del agua puede fácilmente alterarse por la contaminación con microorganismos patógenos que ocasionan enfermedades graves. 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 (Andueza, 2014)

2.1.2.8 Contaminación de agua

Es la introducción de material químico, físico o biológico en un cuerpo hídrico (ríos, lagos, océanos) que degrada la calidad del agua y afecta al organismo vivo que viven en ella, como a los que la consumen. Este proceso varía desde la adición de sólidos suspendidos o disueltos, hasta descargas de contaminantes tóxicos persistentes tales como: pesticidas, metales pesados, compuestos químicos no degradables y bioacumulantes (Chang J. , 2010)

2.1.2.9 Bioindicadores de la calidad de las aguas

2.1.2.9.1 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.

2.1.2.9.2 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.

2.1.2.9.3 Biológicos

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. (Viteri, Chalen, & Cevallos, 2017)

No es práctico analizar en el agua individualmente cada posible microorganismo que pudiera estar presente. Existen métodos generales que nos pueden señalar mediante la presencia de bacterias “indicadoras” de calidad sanitaria.

2.1.2.10 Parámetros generales indicadores de contaminación

2.1.2.10.1 Parámetros de carácter físico

2.1.2.10.1.1 Color

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. (GESTA, 2000)

2.1.2.10.1.2 Olor

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 posterior (10 días en recipiente cerrado y a 20°C).

2.1.2.10.1.2 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 particulados. 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 (Gramajo, 2004)

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 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. (Gramajo, 2004)

2.1.2.10.2 Parámetros de carácter químico

2.1.2.10.2.1 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 ácidas. En aguas naturales la acidez puede ser producida por el Dióxido de Carbono (CO₂), por la presencia de hidrógenos libres H⁺, 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. (Barrera & Castro, 2011)

2.1.2.10.2.2 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.

2.1.2.10.2.3 Dureza

Se consideran aguas duras aquellas que requieren cantidades considerables de 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.

2.1.2.10.3 Principales bioindicadores del agua

2.1.2.10.3.1 Parámetros bacteriológicos

El análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemias como resultados en la contaminación del agua. El examen bacteriológico de abastecimiento de agua no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos. El ensayo se basa en el supuesto de que todas las aguas contaminadas son potencialmente peligrosas.

En el análisis rutinario de aguas no se aíslan patógenos porque: Podrían no aparecer en muestras de laboratorio pues: Tienen acceso en forma esporádica, No sobreviven en el agua por mucho tiempo, necesitan mucho tiempo para detectarse; Si están en número muy pequeño no se pueden detectar por métodos de laboratorio; Estado viable no cultivable.

Algunos Indicadores de calidad sanitaria son Bacterias aerobias mesófilas o heterótrofos (BAM) Grupo de coliformes totales y fecales, Enterococos, Mohos y levadura, Pseudomonas, Staphylococcus y Salmonella.

2.1.2.10.3.2 Bacterias aerobias mesófilas o heterótrofas

Grupo de bacterias heterótrofas mesófilas aerobias que incluye una gran variedad de géneros y especies. La presencia en altas cantidades evidencias problemas de higiene y de contaminación del agua

2.1.2.10.3.3 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.

2.1.2.10.3.4 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. (OMS, 1995)

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 presencias de coliformes de aguas superficiales indican proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes.

2.1.2.10.3.5 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 denomina 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.

2.1.2.10.3.6 Enterococos

Grupo de bacterias gram negativas representadas por el grupo de Enterococos fecales. Evidencias contaminación fecal.

2.1.2.10.3.7 Mohos y levaduras

Grupo de microorganismos eucariotas aerobios. Altos valores en este indicador señalan problemas de higiene, limpieza y contaminación ambiental.

2.1.2.10.4 Parámetros biológicos

Los bioindicadores miden la salud del sistema acuático, determinan el impacto potencial al ámbito humano; un indicador es un organismo selecto por el grado de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación.

CAPITULO III

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1 Descripción de la Zona de Estudio

El estudio se realizó en el Municipio de San Ramón, Comunidad El Naranjo, Finca Buenos Aires, aproximadamente a 7 km de la cabecera municipal y a 19 Km del departamento de Matagalpa. La unidad de producción cuenta solamente con un pozo como fuente de agua actualmente inactivo, para agua de consumo humano se abastece de una fuente ubicada en los Pinares Yucul

La finca se encuentra a 813 m.s.n.m. con coordenadas geográficas X: 0630763 Y: 1425459, con temperaturas que oscilan entre los 26°C y 28°C. La finca tiene un área total de 6 manzanas de terreno y está dividido en 2 manzanas de café, 1 manzana de bosque y 3 manzanas de granos básicos. En el área en estudio se siembra maíz y frijoles en asociados con abonos verdes (terciopelo). el pozo tiene una profundidad de 4 metros y un diámetro 1.5 metros se encuentra dentro de la parcela donde se cultiva café.



Figura 2. Localización del área en estudio Fuente: Google Earth (2019)

3.1.2 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 las propiedades físicas, químicas, biológicas de los suelos y el agua de las parcelas de la finca. De corte Transversal, debido a que la toma de datos se hará en un periodo de tiempo previamente determinado.

3.1.3 Población de Estudio

La población es de 5 parcela ubicada en la misma finca Buenos Aires.

3.1.4 Muestra

La muestra seleccionada es de 2 parcelas de estudio, la cual fue seleccionada por conveniencia usando términos como los tipos de cultivos existentes en ellas, en la parcela 1 encontramos cultivos de granos básicos (maíz, frijol) en asocio con terciopelo y en la parcela número 2 se cultiva café, además que en la parcela numero 2 encontramos la única fuente de agua de la finca como lo es un pozo. se tomó en cuenta la topografía del terreno la parcela 1 ya que se encuentra en la parte alta y la parcela 2 en la parte baja de la finca en estudio.

3.1.5 Cuadro 1. Cuadro de Operacionalización de Variables

Objetivo	Variable	Sub-variables	Indicador	Instrumento
Identificar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en la comunidad el Naranjo	propiedades físicas, químicas y biológicas	Fertilidad de los suelos	Evaluación visual de suelo: Bueno Moderado Pobre Textura del suelo: Arenoso Franco arenoso Franco arcillo arenoso Franco arcillo limoso Limoso Arcillo arenoso Arcilloso Capacidad de retención de agua Velocidad de infiltración Densidad aparente Cobertura vegetal del suelo con rastrojos	Hoja de campo observación Análisis de laboratorio
Determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos del recurso hídrico de la comunidad el Naranjo.	Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua.	Contaminación de las aguas.	PH, Dureza, Alcalinidad, Temperatura Coliformes totales Coliforme fecales DBO (demanda bioquímica de oxígeno) DQO (demanda química de oxígeno)	Análisis de laboratorio observación.
Describir como afecta el deterioro de los bioindicadores de calidad de suelo y agua en la finca Buenos Aires	Afectación del deterioro de bioindicadores de calidad de suelo y agua a la finca Buenos Aires	Parámetros económicos y ambientales	Rendimientos cultivos ingresos contaminación del ambiente	Hoja de campo observación entrevista

3.1.6 Métodos y técnicas para la toma de datos

3.1.6.1 Análisis de suelo

Se tomaron muestras de suelo en las parcelas en estudio de la finca Buenos Aires las que una parte de ellas fueron remitidas para su análisis en laboratorios LAQUISA ubicado en la ciudad de León a fin de obtener los resultados sobre composición química del suelo y otra parte de las muestras recolectadas se analizó en los laboratorios de la Universidad UNAN- FAREM Matagalpa realizados por los autores de la tesis.

3.1.6.2 Análisis de agua

Se tomó muestra del agua contenida en el pozo, estas muestras se llevaron a los laboratorios de PROLACSA Rio Blanco- Matagalpa para su análisis químico y se extrajo otra muestra del agua para ser analizada en laboratorios de la universidad UNAN- FAREM Matagalpa para obtener los resultados de carácter biológico.

3.1.6.3 Técnicas de recopilación de la información

3.1.6.3.1 Técnicas de recopilación de la información primaria

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

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: 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 arbóreas que haya en la zona de estudio.

3.1.6.3.2 Recopilación de la información secundaria

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

3.1.6.4 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 Buenos Aires, obteniendo información sobre las soluciones alternas a los problemas presentados, también de las condiciones socioeconómicas de la familia.

3.1.6.5 Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información se utilizaron los programas de Word y Excel con los cuales se crearon tabla y gráficos para facilitar así el análisis de los datos en cuestión.

CAPITULO IV

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 Indicadores de calidad de suelo

4.1.1.1 Propiedades físicas de los suelos

4.1.1.1.1 Evaluación visual del suelo

Es el total de la puntuación de los indicadores en evaluación, provee un valor que indica la calidad de su suelo. Comparar esto con los rangos determinados en nuestros datos para conocer la calidad de su suelo: bueno, moderado, o pobre. A menudo los resultados de esta práctica nos ayudan a conocer que cualidades de nuestro suelo constituyen una limitante productiva y nos permiten planificar acciones correctivas para mejorar su rendimiento (Graham, 2000).

Los indicadores de evaluación física como estructura, consistencia, porosidad, coloración, número y color de moteado, conteo de lombrices, compactación, cobertura y profundidad en el área de café presenta característica de un suelo bueno con promedio de 29 puntos ya que las condiciones físicas como la pendiente es uno de los factores que tiene a favor, en esta área y la diversidad de especie arbórea que permite la incorporación de cobertura evitando la erosión. (Ver anexo n° 1)

El área de granos básicos presenta condición pobre según la evaluación visual de suelo, esto debido al mal manejo que se ha venido dando en estos sistemas, como el uso discriminado de agroquímico, quema, falta de incorporación de cobertura, más las características físicas del área como la pendiente que no son tan ventajosa, todos estos factores permiten la degradación de los suelos, obteniendo bajos rendimiento en los cultivos. (Ver anexo n°2)

4.1.1.1.2 Textura

Para el proceso de la textura se utilizó el método del tacto, Casanova (Ver anexo n°3) 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.

Se encontró que la parcela número uno donde se cosechan granos básicos, la textura es franco arenoso, en la segunda parcela donde se cultiva café es arcillo arenoso. La textura franco arenoso tiene como ventaja que es fácil de labrar, es resistente a la compactación, tiene buen drenaje, pero así mismo su desventaja principal es su baja retención de agua por lo que tiene que necesitar la aplicación de riego más a menudo.

En el caso de los suelos arcillo arenoso su ventaja es que retienen mayor cantidad de agua, por lo tanto, se puede regar con menor frecuencia, sufre menos pérdidas de nutrientes por lixiviación. Dentro de las desventajas son suelos difíciles para labrar, susceptible al mal drenaje, susceptible a la compactación.

En la parcela uno, se tiene una textura franco arenoso con un suelo pobre según lo indica la evaluación visual del suelo lo que es desventajoso para el tipo de textura que encontramos ya que este tipo de suelo requiere de estar cubierta de rastrojo y hojarasca para evitar la evaporación del agua del suelo por los rayos solares, debido a que este suelo se caracteriza por no retener humedad.

En la parcela número dos se tiene textura arcillo arenoso con un suelo bueno según lo que indica la evaluación visual de suelo, la ventaja que se tiene con respecto a la textura es un suelo que puede ser hábitat para una diversidad de organismo, entre los cuales el suelo en su mayoría puede ser benéfico para los cultivos, contrario al suelo de grano básico no puede ser hábitat de ningún tipo de organismo.

4.1.1.1.3 Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración es la velocidad con la cual el agua penetra en el suelo. Generalmente se mide con base en la profundidad (en mm) de la lámina de agua que logra penetrar en el suelo en una hora.

Cuadro 1. 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) Modificado por investigador

La tasa de infiltración en el área de café es de 19.9 cm/hr denominada favorable con relación a la evaluación visual del suelo presenta buena estructuración y consistencia del suelo como la presencia de artrópodos y anélidos que son los principales organismos formadores de los poros, permitiendo una alta tasa de infiltración.

El área de granos básicos indica que están dentro de los rangos moderadamente favorable con valores de 9.03 cm/hr, con respecto a la textura es un suelo medias a livianas, permitiendo la rápida infiltración por la falta de microporos lo que determinan la retención hídrica.

4.1.1.1.4 Pendiente

La pendiente es el nivel de inclinación que presenta un terreno es de gran importancia el conocimiento de la pendiente debido a que se relaciona con la pérdida de suelo por escorrentías, y nos ayudara al momento de emplear obras de conservación de suelo un ejemplo de ello es el trazado de curvas a nivel en este caso la pendiente se utiliza para saber cuántas curvas a nivel se deben trazar.

Cuadro 2. Clasificación de la Pendiente

CLASE	INCLINACION (%)
Plana o casi plana	Menor que 3
Ligeramente inclinada	3-8
Fuertemente inclinada	7-12
Moderadamente escarpada	12-25
Escarpada	25-50
Muy escarpada	Mayor de 50

Fuente: López (2008)

La pendiente encontrada en las parcelas de estudio como es en el área de café es de 6% y en la parcela de granos básicos es de 16%, donde se encuentra el cultivo de café hay una pendiente ligeramente inclinada, en el lote de granos básicos se encuentra una pendiente moderadamente escarpada la cual es muy favorable para el arrastre de suelos por las corrientes de lluvia.

Con relación a la textura el área de café presenta mejor clase textural en comparación a granos básicos esto por su diferencia en pendiente que es mucho mayor en granos básicos ya que se da la erosión del suelo (lavado de las partículas de arcilla y limo) por la falta de cobertura que permite la retención del suelo por ende en un suelo con buena consistencia la velocidad de infiltración es muy favorable.

4.1.1.1.5 Densidad aparente

La densidad aparente es un indicador de la calidad del suelo, dando pautas de la degradación de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del mismo. La compactación (debida al pisoteo de animales, al laboreo, las precipitaciones, etc.) disminuye el volumen de poros, incrementando, por tanto, el peso por unidad de volumen. Mayor densidad aparente implica efectos negativos en las funciones de regulación, movimiento y almacenamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos y de las funciones productivas del suelo. Suelos bien provistos de materia orgánica presentarán densidad aparente menor (Corso, 2014)

Cuadro 3. Clasificación de la densidad aparente

Rango de la densidad aparente(g/cm³)	Clasificación
< 1.0	Muy baja
1.0 a 1.2	Baja
1.2 a 1.45	Mediana
1.45 a 1.60	Alta
>1.60	Muy alta

Fuente: Cairo (1995)

La densidad calculada en laboratorio del área de café es de 1.20 gr/cm³ está en la clasificación baja y 1.22 gr/cm³ para el área de granos básicos, encontrándose en la clasificación de mediana, estos valores indican el grado de compactación del suelo e influye en la penetración radicular.

Teniendo en cuenta la textura, Cortés y Malagón (1984), considera como valores altos para la densidad aparente, aquellos que sean superiores a 1.3 gr/cm³, en suelos con texturas finas; los mayores a 1.4 gr/cm³, en suelos con texturas medias y los mayores a 1.6 gr/cm³, en suelos con texturas gruesas.

4.1.1.1.6 Humedad de suelo

4.1.1.1.6.1 Capacidad de campo

Representa la cantidad máxima de agua que puede ser retenida en un suelo en contra de la fuerza de la gravedad, después de un riego o lluvia que ha humedecido todo el suelo. Al igual que el punto de saturación, también se ve afectado por el tipo y contenido de arcillas y materia orgánica (Angella, Frías, & Salgado, 2016)

Los lotes tienen una capacidad de campo de 41.81% (Café) y 42.84% (granos básicos) siendo su capacidad máxima de retención de agua después de 48 horas de una lluvia o riego estando todos sus poros saturados, permitiendo su máxima disponibilidad de agua que tendría las plantas para adsorber con relación a la textura (Traxco, 2009), estos índices muestran que son suelo bien estructurados por lo tanto favoreciendo la aireación el desarrollo radicular para los cultivos.

4.1.1.1.6.2 Punto de marchitez permanente

Los suelos contienen diferente cantidad de agua dependiendo de su textura y estructura, el punto de marchitez permanente se define como el contenido de humedad del suelo en el que la planta ya no tiene la capacidad de absorber agua del suelo haciendo que la planta se marchite y muera (Zotarelli, Dukes, & Morgan, 2013)

El punto de marchitez permanente realizado en laboratorio del sitio de estudio es de 24.87 % en café y 25.49 % en grano básico así que estos valores indican el porcentaje de agua disponible que tendrán las plantas antes que se encuentren sometidas a un estrés hídrico provocando bajos rendimientos de los cultivos.

4.1.1.1.6.3 Capacidad de retención de agua disponible

La capacidad de retención de agua disponible es la cantidad de agua retenida por el suelo que puede ser absorbida por las plantas. La diferencia entre los valores de humedad a capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente representa la capacidad de retención de agua disponible (Flores & Alcalá, 2010)

El agua disponible en un suelo varía según su textura, estructura, profundidad de la raíces, poros y materia orgánica, dependiendo de estos parámetros así tendrá la disponibilidad de agua necesaria para la planta. En los suelos de estudio con mayor porcentaje de este recurso,

es el área de granos básicos con 17.36% y café con 16.94% estos valores representan los índices de agua que obtendrá la plantas en el suelo antes de entrar en estrés hídrico.

4.1.1.2 Propiedades químicas de los suelos

4.1.1.2.1 pH del suelo

El pH se expresa de conformidad con una escala que va de 0 a 14. Se considera que un valor de pH menor que 7 es ácido y mayor de 7 es alcalino (Foth H. , 1987)

Cuadro 4. Clasificación del pH de los suelos

pH	Clasificación
<4.6	Extremadamente ácidos
4.6 a 5.2	Muy fuertemente ácidos
5.2 a 5.6	Fuertemente ácidos
5.6 a 6.2	Medianamente ácidos
6.2 a 6.6	Ligeramente ácidos
6.6 a 6.8	Muy ligeramente ácidos
6.8 a 7.2	Neutros
7.2 a 7.4	Muy ligeramente alcalinos
7.4 a 7.8	Ligeramente alcalinos
7.8 a 8.4	Medianamente alcalinos
8.4 a 8.8	Fuertemente alcalinos
8.8 a 9.4	Muy fuertemente alcalinos
>9.4	Extremadamente alcalinos

Fuente: Quintana (1983)

El pH es un parámetro que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, dicho que la solución del suelo es donde las raíces de las plantas toman los nutrimentos necesarios para su crecimiento y desarrollo (Intagri, 2018). El pH es un indicador de la disponibilidad de nutrientes en los suelos, un pH en la clasificación alcalina puede presentar problemas de los macronutrientes como así mismo un suelo ácido tendríamos problemas de hierro, manganeso, cobre o zinc.

El pH determinado en laboratorio del área de café es un pH neutro, permitiendo la disponibilidad de los nutrientes primarios y secundarios a las plantas, así favoreciéndole el desarrollo en sus etapas fenológicas, garantizando mayor productividad. En granos básicos el pH está dentro de los rangos medianamente ácido (pH 6.11) estos suelos tienen como características baja solubilidad del fósforo (P) y regular disponibilidad del calcio (Ca) y magnesio (Mg).

4.1.1.2.2 Materia orgánica

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la micro biota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes (Molina, 2013)

La materia orgánica es el principal componente de un suelo que determina la interacción suelo, planta y la vida biológica es la que facilita la disponibilidad de nutriente tanto macro como micro así mismo mantiene el equilibrio de cada uno de ello. En el área donde se presenta mayor cantidad de MO, es la parcela de café con rangos de 9,31% con denominación muy alta según (Kohnke,1972) y granos básicos de 6,40 %(Alto).

Esto se debe por la cantidad de cobertura vegetal que es incorporada al suelo ya que también existe una diversidad de especies arbórea favoreciendo a los macro organismo, bacterias, hongos y protozoos desintegrando este material y aportándole la fertilidad al suelo donde presentara mejor estructuración para el desarrollo de los cultivos.

4.1.1.3 Propiedades biológicas de los suelos

4.1.1.3.1 La macro fauna como indicador biológico

Su papel funcional en los ecosistemas, junto a las transformaciones que sufren a corto plazo estas comunidades, por la pérdida de la cobertura vegetal y las modificaciones en las condiciones físicas y químicas del suelo, son las razones por las cuales es tomada en cuenta para indicar el impacto del uso de la tierra, la calidad del medio edáfico y la sostenibilidad de una práctica de manejo (Cabrera, 2013)

La macro fauna es uno de los principales indicadores de la calidad de suelo tanto benéfica como perjudicial para el suelo y para algunos cultivos. Cuando hay gran diversidad de macro organismo existe un equilibrio del habitat, esto va en dependencia de la cobertura vegetal, las condiciones climáticas y lo antrópico así mejorando las características de los suelos, su fertilidad y su interacción biológica.

4.1.1.3.2 Artrópodos

4.1.1.3.2.1 Gallina ciega (*Phyllophaga spp*)

La GC puede consumir de 45 a 80 veces su peso en raíces o materia orgánica para completar su desarrollo (Morón 2001). Ha sido considerada como una plaga de importancia económica, debido a que causa daños en diversos cultivos agrícolas. Sin embargo, muchas especies también consumen resto de vegetales en proceso de descomposición. Brinda beneficios a los suelos agrícolas al descomponer la materia orgánica y contribuir a la formación de sustancias húmicas de manera similar a las lombrices de tierra (Romero, Moron, Aragón, & Villalobos, 2010)



Figura 3. Larva de *Phyllophaga spp* encontrada en café

La gallina ciega forma parte de la macro fauna del suelo, en su importancia es uno del organismo que ayuda a la estructuración de los poros, permite un buen drenaje, facilita el desarrollo de las raíces. En altas poblaciones su efecto negativo es muy perjudicial ya que se alimentan de las raíces de materia viva provocando perdida muy grande en la producción.

Durante el estudio realizado donde se encontró incidencia de esta especie fue en el área de granos básicos ya que las condiciones son muy favorables para el desarrollo de la larva y es el hábitat donde le permite su ciclo de vida, por los restos de rastrojo de la cosecha que le permite permanecer durante su etapa.

4.1.1.3.2.2 Tijereta (*Labiduria riparia*)

La tijereta consume vegetales y animales en proporciones que cambian según el cultivo y/o ecosistema donde se desarrolla. Considerada plaga y también un importante enemigo natural de insectos (depredador), pueden alimentarse de tejidos vegetales, hongos, flores y frutos. Entre los insectos que depredan destacan pupas de escarabajos, huevos de crisomélidos, larvas de mariposa y collembolas (Arancibia, 2017)



Figura 4. *Labiduria riparia* encontrada en granos básicos

Las tijeretas son organismos depredadores, que permite mantener el equilibrio del habitat en el suelo, son unos de los depredadores del orden de los coleópteros larvas que atacan a las raíces de algunos cultivos como el maíz y frijoles.

Encontrándose esta especie(tijereta) en mayor número en granos básicos ya que existe algunas especies de las cuales se alimentan como la phyllophaga (Gallina ciega) y las condiciones de su habitat lo ameritan ya que es un terreno con presencia de rocas donde le permite refugiarse.

4.1.1.3.2.3 Termitas (*Reticulitermes lucifugus*)

Las termitas juegan un papel importante en los ecosistemas ya que, al igual que muchos otros insectos, se encargan de reciclar la materia orgánica en descomposición, en este caso la celulosa procedente de restos de árboles, raíces muertas, etc., reincorporándola a la cadena trófica (Desinfecciones de la Marina, 2016)



Figura 5. *Reticulitermes lucifugus* encontrada en café

Las termitas son descomponedores del material muerto de plantas o de algunos insectos como así mismo del estiércol de algunos animales ayudando al reciclaje de nutrientes donde se encontró presencia de este género es el área de café ya que por su alta presencia de materia orgánica, esta especie son fuerte descomponedores de este material como así mismo son organismo generadoras de poros permitiendo una buena infiltración, evitando la erosión del suelo garantizando un habitat favorable para otras especies ya que sus túneles le sirve de refugio para otros insectos.

4.1.1.3.2.4 Chinche pirata (*Orius insidiosus*)

Las chinches piratas son depredadoras de trips, áfidos, moscas blancas, ácaros, huevos y larvas pequeñas de lepidópteros entre otros. Orius come todos los estadios móviles de trips. Aunque las ninfas más jóvenes solo comen larvas de trips, las ninfas mayores y los adultos también atacan trips adultos (Méndez, 2017)



Figura 6. *Orius insidiosus* encontrada en café

El chinche pirata son organismo benéfico ya que son depredadores de muchos insectos que afecta a los cultivos alimentándose de las larvas como de los diferentes estadios de los insectos. Encontrándose este organismo en el área de café ya que se encuentran una diversidad de organismo, manteniendo el bajo nivel de insectos perjudiciales y manteniendo el equilibrio de estos.

4.1.1.3.3 Anelidos

4.1.1.3.3.1 Lombrices de tierra (*Eisenia foetida*)

Las lombrices generalmente promueven la aireación y porosidad a través de formación de madrigueras y al incrementar la proporción de grandes agregados en el suelo, y sus efectos son especialmente importante en suelos con estructura pobre. Al aumentar la tasa de infiltración de agua, las lombrices (*Eisenia foetida*) pueden reducir la perdida de suelo. Estas también pueden incrementar la erosión al remover la cobertura protectora de los residuos de la superficie (Ibañez, 2011)



Figura 7. *Eisenia foetida* encontrada en café

Los anélidos son indicadores de suelos buenos ya que mejoran su fertilidad como en sus condiciones física y biológicas, desintegrando la materia vegetal y aportando grandes cantidades de humus. En lo suelos con mejores condiciones es el área de café ya que presenta mayor aportación de cobertura y favorece las condiciones para el desarrollo de esta especie como es la humedad, temperatura favorable, buen drenaje, aportando al suelo gran porcentaje de materia orgánica.

Para el conteo de lombrices se utilizó el método de evaluación visual de suelo, que en una muestra de 20cm x 20cm x 20cm de suelo se procedió hacer el conteo. Calificando el área de café en condición buena y en el área de granos básicos en condición pobre. Estos organismos contribuyen al mejoramiento de textura, la distribución de los nutrientes y minerales, así como el movimiento del aire y el agua entre las partículas de suelo y las raíces de las plantas.

Cuadro 5. Comunidad biológica del área de estudio

Nombre	Cantidad	
	Café	Granos básicos
Artrópodos – anélidos		
Gallina ciega (<i>Phyllophaga spp</i>)		2
Tijereta (<i>Labiduria riparia</i>)	1	3
Termitas (<i>Reticulitermes lucifugus</i>)	5	
Chinche pirata (<i>Orius insidiosus</i>)	1	
Lombrices de tierra (<i>Eisenia foetida</i>)	8	

La vida biológica es la base de la calidad de un suelo, ya que son organismo descomponedores y recicladores de la materia muerta, aportando grandes beneficios como es la estructuración de los suelos, la porosidad, mayor infiltración, buen drenaje, buena aireación de los suelos, mayor porcentaje de la materia orgánica por ende buena concentración del ácido húmico y fúlvicos, mayor interacción de los organismos así manteniendo el equilibrio del habitat. Encontrando mayor diversidad de la macrofauna en el área de café por sus condiciones favorables del habitat.

4.1.1.4 Afectación del deterioro bioindicadores de calidad de suelo en la finca Buenos Aires

Los indicadores de calidad de suelo tanto físico, químico y biológicos son de gran importancia en los suelos ya que determinan la producción de los cultivos (mayor rendimiento), como así mismo mejorando la calidad de vida de los productores como es la buena alimentación y obteniendo mayores ingresos. El área donde se encontró buena condición de calidad del suelo es en café, granos básicos en condiciones de pobre a moderado.

4.1.2 Indicadores de calidad de agua

Para monitorear el agua del pozo se seleccionaron parámetros físico-químicos, biológicos y bacteriológicos siendo estos de suma importancia para determinar la calidad del agua para el consumo humano. Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites establecidos por las normas CAPRE y con la hoja de evaluación visual de coliformes fecales MINSA, las cuales rigen las normas de calidad de agua para Nicaragua.

Utilizando una guía de campo se recolectó la siguiente información: Año de construcción del pozo, ubicación del pozo desde la vivienda, forma de construcción, profundidad, volumen de agua, forma de extraer el agua (mecate, polea, bomba), usos del agua, protección de la fuente (tapa, caceta).

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 se agregó reactivo Detect 10, utilizando 100 ml de agua; 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.

4.1.2.1 Parámetros físicos-químicos

Dependiendo del uso que se le quiera dar al agua, esta puede tener una calidad aceptable o no aceptable, se ha estudiado con diversos parámetros fisicoquímicos, el análisis de estos parámetros indicara la calidad del agua.

4.1.2.1.1 Análisis de pH en agua

Inicialmente, en la primera prueba se determinó pH, este es un factor muy importante ya que, dependiendo de su valor, se puede identificar si una muestra carece de nutrientes o presenta niveles de toxicidad. La medida del pH debe estar entre 6.5 – 8.5 para ser un valor recomendable.

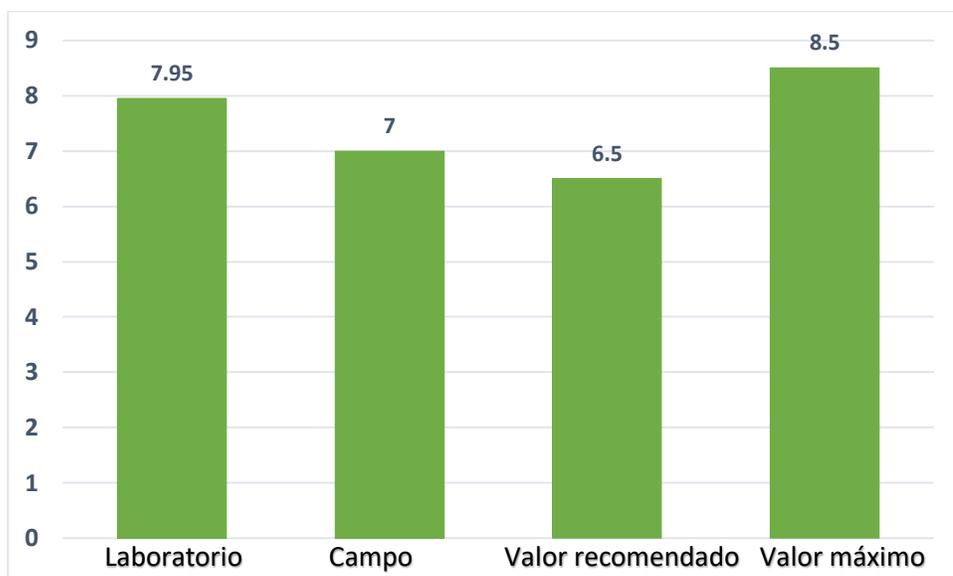


Gráfico 2. valor del pH obtenido en agua y valor recomendado por las normas CAPRE.

Fuente: PROLACSA (2019)

Al analizar los resultados obtenidos donde el valor recomendado por las normas CAPRE es de 6.5 y el máximo admisible es de 8.5, se tiene que la muestra realizada en laboratorio y en campo están dentro de lo especificado, ya que en los análisis de laboratorio dio como resultado un pH de 7.95 como valor máximo admisible y en campo un valor de pH entre 7 – 8 como valor máximo. La variabilidad de pH no es mucha y puede verse influenciada por los métodos utilizados o por el tipo de fuente de agua, en este caso es agua de pozo.

4.1.2.1.2 Alcalinidad

En los resultados de alcalinidad, la cual expresa la capacidad que tiene un agua de mantener su pH a pesar de recibir soluciones acidas o alcalinas, esta corresponde principalmente al contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. El rango de la alcalinidad en aguas para consumo humano oscila en valores de 50 – 200 mg/l. (CAPRE, 1994)

Cuadro 6. Alcalinidad de agua de pozo

Rango	50 mg/l	200 mg/l
Resultado	344 mg/l	

Fuente: PROLACSA (2019)

En esta prueba la muestra no cumple con los valores recomendados para la alcalinidad total, establecido en un máximo de 200 mg/l (recomendado mayor a 30 mg/l) según la literatura consultada ya que este fue de 344 mg/l respectivamente, sobrepasando los límites esta toma como un indicador de dichas especies iónicas.

4.1.2.1.3 Dureza

La presencia de aguas duras puede tener consecuencias económicamente importantes. El problema de la dureza se refleja más en aguas subterráneas, como el agua de naciente, que en aguas superficiales como la de los ríos, ya que por lo general estas arrastran más minerales como calcio y magnesio que aumentan la dureza. Es vital resaltar la importancia de controlar la dureza del agua, ya que las aguas blandas y duras han sido relacionadas con problemas cardíacos y cálculos renales respectivamente.

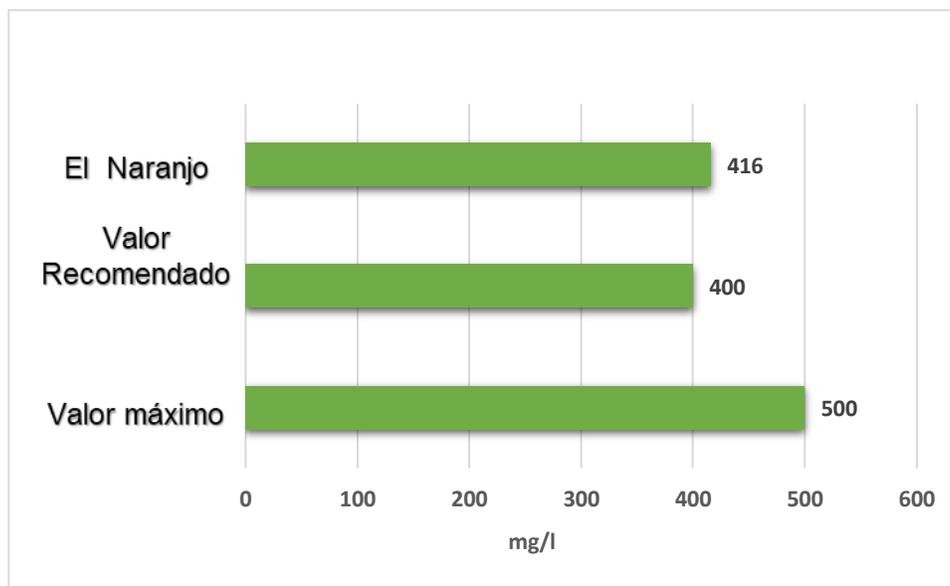


Gráfico 3. Dureza total del agua de pozo y valor recomendado por las normas CAPRE

Fuente: PROLACSA (2019)

El reglamento de las normas CAPRE establece que el valor recomendado es de 400 mg/l con un máximo permitido de 500 mg/l con base a los análisis se obtuvo como resultado un valor de 416 mg/l y su comparación con lo establecido se pueden decir que los valores encontrados están un poco más altos del rango recomendado pero que no se pasa de lo permitido de igual forma se encuentra lejos de considerarse peligrosa o nociva para la salud humana.

Cuadro 7. Resultados de los análisis físico- químico, realizado tanto en campo como en laboratorio y el valor máximo permisible recomendado por las normas CAPRE.

Tipo de Análisis	Unidad	Resultado	Valor recomendado CAPRE
pH	-	7.95	6.5 – 8.5
Alcalinidad	Mg/l	344	50 - 200
Dureza	Mg/l	416	400 - 500
DBO	Mg/l	12.5	
DQO	Mg/l	133	
Campo			
pH		7	-

El agua acida provoca problemas como irritaciones en la piel, ojos y mucosas. Se considera tomar agua con un pH más alto, mejora el rendimiento de las personas, disminuye el proceso de envejecimiento y previene enfermedades crónicas. Las aguas contaminadas o fuera del rango establecido en dureza en parte es benéfica gracias a su contribución suplementaria de calcio y magnesio total, en grandes cantidades consumirla, perjudica ya que el incremento de consumo de sales de magnesio puede causar cambios de movimiento intestinales (diarrea).

La dureza presenta problemas frecuentes de sarro calcáreo y el óxido, desarrollo de bacterias, la contaminación por DBO y DQO, se encuentra altas cargas de contaminantes que no pueden ser tratadas con métodos convencionales, dicha contaminación se debe al estado de acumulación de pesticidas, colorantes, etc. Estos problemas exigen una solución inminente ya que afecta tanto los recursos naturales, como para el consumo humano.

4.1.2.2 Bioindicadores

4.1.2.2.1 Parámetros bacteriológicos

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. En los resultados obtenidos en campo para determinar la presencia de heces fecales obteniendo un resultado positivo, se encontraron bacterias del grupo coliformes, lo cual representa una limitante para su uso de actividades humanas. La presencia de coliformes totales puede deberse heces fecales provenientes de animales silvestres y ganado bovino. Cabe destacar que es importante evitar el contacto directo con esta agua ya que puede provocar enfermedades, además esta fuente no posee ningún tipo de protección (caseta o tapa) siendo susceptible a la contaminación externa.

4.1.2.2.1.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

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. Los valores obtenidos de la DQO indican agua contaminada reflejando presencia de materia orgánica que no puede ser degradada biológicamente, pero si químicamente. El valor de la DQO alcanzo 133 mg/L, entrando con este valor en el rango de agua contaminada.

Los valores encontrados de la DBO indican agua de calidad aceptable indicando en si la presencia de contaminantes orgánicos lo cual puede estar relacionado por los residuos animales, el rango permisible esta entre 6 – 30 mg/l, obteniendo como resultado 12.5 mg/l.

Cuadro 8. Resultados de DBO Y DQO en la comunidad el naranjo

Sitio	DBO mg/L	DQO mg/L
El Naranjo	12.5	133

Fuente: PROLACSA (2019)

DQO

Cuadro 9. Clasificación de demanda química de oxígeno

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

Fuente: Subdirección Técnica de CONAGUA México (2007)

DBO

Cuadro 10. Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno

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

Fuente: Subdirección Técnica de CONAGUA México (2007)

4.1.2.2.2 Parámetros biológicos del agua

Los microorganismos, incluidas bacterias, virus, hongos y parásitos pueden contaminar el agua subterránea. El principal origen de estos microorganismos es la materia fecal procedente de animales y seres humanos.

4.1.2.2.2.1 Protozoo

4.1.2.2.2.1.1 *Toxoplasma gondii*

Es una especie de protozoo parásito causante de la toxoplasmosis, una enfermedad en general leve, pero que puede complicarse hasta convertirse en fatal. Es un parásito muy exitoso pues puede infectar a cualquiera de las especies de animales. (Grandia, Angel, & Jeddú, 2013)

Tienen una gran importancia ecológica, los flagelos autótrofos, como productores de materia orgánica en ambientes acuáticos, en tanto que los flagelados heterótrofos, muchos ciliados y sarcodarios, al alimentarse con otros organismos actúan como depredadores y en la descomposición de la materia orgánica.

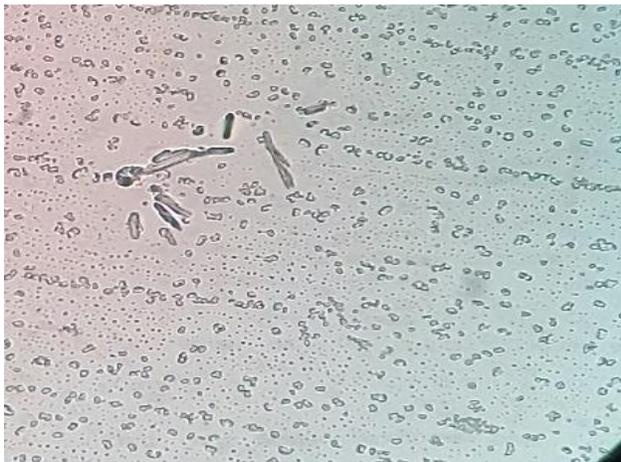


Figura 8. *Toxoplasma gondii* encontrada en el agua de pozo

4.1.2.2.2.1.2 Paramecio (*Paramecium*)

Los paramecios (genero *Paramecium*) son protozoos ciliados con forma ovalada, habituales en aguas dulces estancadas con abundante materia orgánica, como charcos y estanques. Son probablemente los seres unicelulares mejor conocidos y los protozoos ciliados más estudiados por la ciencia. El tamaño ordinario de todas las especies de Paramecios es de apenas milímetros. (Soria, 2015)

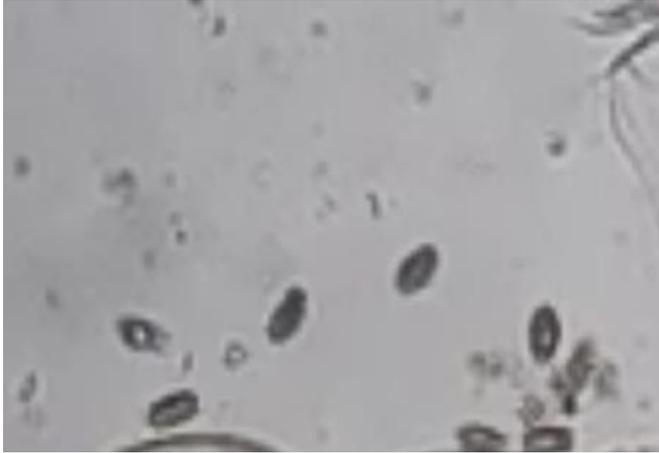


Figura 9. **Paramecio** (*Paramecium*) encontrada en el agua de pozo

4.1.2.2.2 Nematodo

4.1.2.2.2.1 Gusanillo cobra

Casi todos los nematodos son gusanos de cuerpo muy pequeño afilado y alargado, pero a pesar de su aparente delicadeza son muy resistentes pues, aunque no lo parezca, están vestidos con una coraza flexible, transparente y casi siempre lisa.

Juegan un papel importante en una serie de procesos ecológicos que son clave para el funcionamiento de los ecosistemas. Son muy buenos indicadores ambientales, contribuyen en la distribución de nutrientes y minerales, en la diversidad y densidad de todos los ambientes, en ecosistemas tanto terrestre como acuáticos. (Varela Benavides, 2013)



Figura 10. **Gusanillo cobra** encontrada en el agua de pozo

4.1.2.2.3 Artrópodo

4.1.2.2.3.1 Zancudo de agua (*Cimex lacustris*)

El insecto zancudo de agua es un hemíptero perteneciente a la familia Gerridae. Insecto muy común en muchos lugares de aguas dulces, lo podemos ver en orillas de pantano, ríos, lagos, balsas, en aguas estancadas o de escasa corriente. Su tamaño oscila entre los dos y tres centímetros de longitud, también posee tres largos pares de patas, de las cuales, las cuatro traseras las utiliza para impulsarse y como timón, mientras que las dos delanteras, algo más cortas, las utiliza para atrapar a sus presas. (Cid Leal, 2016)



Figura 11. *Cimex lacustris* encontrada en el agua de pozo

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

Las propiedades físicas y químicas de los suelos identificadas en la finca Buenos Aires indican suelos pobres de nutrientes y de difícil labranza, con respecto a los indicadores biológicos se encontró poca diversidad de organismos entre los encontrados: termitas, tijeretas, gallina ciega, chinches piratas y lombrices, influyendo en el bajo porcentaje de materia orgánica en grano básico en comparación a café.

Se determinó a través de las propiedades físico químicas que el agua que se almacena en el pozo de la finca Buenos Aires es un agua contaminada, especialmente con heces fecales de origen animal, con relación a los parámetros biológicos se observó la presencia de diferentes Protozoos, Nematodos, Artrópodos.

El deterioro de los bioindicadores de calidad de suelo y agua que se muestran en los resultados dejan como consecuencias suelos con baja productividad, los cuales generan inversiones en fertilizantes químicos impactando así la economía del productor y si a este problema se le suma la falta del recurso agua para realizar riegos, deja bajos ingresos para la manutención de la familia.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda usar prácticas de conservación de suelos para incrementar la presencia de bioindicadores de calidad de suelo, hacer uso de la incorporación de rastrojo, no a la quema y el uso eficiente de productos químicos sintéticos.

Reactivar el pozo cavando más profundo hasta encontrar la vena madre y luego realizar proceso de purificación del agua, ya que esta es agua contaminada no apta para ningún tipo de actividad humana.

Tapar el pozo para evitar contaminación por heces fecales de animales.

Disminuir el uso de productos químicos sintéticos para la fertilización y en el control de plagas o malezas.

BIBLIOGRAFIA

- Andueza, F. (Octubre de 2014). Microbiología del agua. San Jose, San Jose, Costa Rica.
- Angella, G., Frías, C., & Salgado, R. (Octubre de 2016). Conceptos Básicos de las Relaciones Agua- Suelo- Planta.
- Arancibia, E. (03 de Abril de 2017). Columna Tecnica Tijereta Europea Insecto.
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 1-4.
- Cabrera, G. (2013). *Evaluación de la Macrofauna Edáfica como Indicador del Impacto del Uso y Calidad del Suelo en el Occidente de Cuba*.
- Cairo, P. (1995). *La fertilidad física de suelos y la agricultura orgánica en el trópico*. Managua.
- Chang, J. (2008). Calidad de agua. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Chang, J. (2010). Calidad de agua. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Corso, M. (2014). Densidad Aparente del Suelo. Obtenido de [Http://www.Desertificación.Gob.Ar](http://www.Desertificación.Gob.Ar)
- 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.
- Desinfecciones de la Marina. (09 de Mayo de 2016). Termitas y Carcomas.
- Dominguez, j., Aira, M., & Gómez, B. (Mayo de 2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica el ciclo de nutrientes.
- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez, M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia. *Ecosistemas*.
- Duque, G., & Escobar, C. (2016). Relaciones Gravimétricas y Volumétricas del Suelo. Colombia.
- Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1984). *Química de suelos de énfasis en suelos de América Latina*. San Jose: IICA.

- FAO. (2015). *Biodiversidad del suelo y agricultura*. Roma, Italia: Viale delle Terme di Caracalla
- (FAO), O. d. (2015). Suelos y biodiversidad. Italia.
- FAO. (2015). *La Compactación del Suelo y sus Soluciones: Año Internacional de los Suelos*. Colombia.
- FAO. (2016). *Compactacion del Suelo*. Roma
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). *Física de Suelos*.
- Foth, H. (2012). *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. México: Continental, S.A.
- González, A., Hernández, D., Neyra, D., & Torrez, s. (2014). Indicadores físico y químico del suelo. *Prezzi*, 4-11.
- GESTA, G. d. (2000). *QUIMICA*.
- Gramajo, B. (2004). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenido de pozos en la zona 11*. Mexico.
- Guzmán, Ó. (2016). *Nematodos*. Obtenido de <http://agricultura.uson.mx/romo/8.-%20Nematodos.pdf>
- Herrera, J. (2010). Propiedades del suelo. *monografias.com*, 1-2.
- Ibañez, J. (31 de mayo de 2011). Las Lombrices de Tierra y Su importancia en el Suelo.
- Intagri. (2018). Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo. Serie Nutrición Vegetal. México.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*.
- López, M. (2008). Curso de suelo y la nutrición animal bovino.
- Martínez, J. (2012). *Calidad de Suelo*. Granada, España.
- Méndez, J. (2017). Organismo Beneficiosos para la Agricultura SA de CV. Jalisco, Mexico.
- Molina, J. (2013). *La Materia Orgánica del Suelo*.

- Pellegrini, A. (2017). *Nitrogeno del suelo (Macronutriente del suelo)*.
- Portalfruticola. (30 de Noviembre de 2017). Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. San Sebastián.
- Restrepo, J., & Pinheiro, S. (2011). *Cromatografía imagen de vida y destrucción del suelo*. Cali: Feriva S.A.
- Rivera, B., & Rock, C. (2014). La calidad del agua, E. coli y su salud. *Cooperative Extension*, 1-2.
- Romero, A., Moron, M., Aragón, A., & Villalobos, F. (Noviembre de 2010). La "Gallina Ciega" (Coleoptero: Scarabaeoidea: Melolonthidae) Vista Como Un "Ingeniero del Suelo".
- 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.
- Varela, I. (2013). Las comunidades de nematodos como indicadores ambientales. *Las comunidades de nematodos como indicadores ambientales*, 30-37.

ANEXOS

ANEXO 1. EVALUACIÓN VISUAL DE SUELO ÁREA DE CAFÉ

Tarjeta de Calificación Indicadores de calidad de suelo			
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0= Condición pobre		
	1=Condición moderada		
	2=Condición buena		
Estructura y consistencia	2	X3	6 4
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
			29
Promedio de indicadores		Puntos	
Suelo Pobre		< 10	
Suelo Moderado		10 a 25	
Suelo Bueno		>25	

Fuente: (Valdivia, Pilarte, & Espinoza, 2019)

ANEXO 2. EVALUACIÓN VISUAL DE SUELO ÁREA DE GRANOS BÁSICOS

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

Fuente: (Valdivia, Pilarte, & Espinoza, 2019)

ANEXO 3. HOJA DE CAMPO DE INDICADORES FISICO

Datos del Área de Estudio

Finca:	Municipio:	Comarca:
Nombre del productor:		
Uso de suelo:	Lote:	
Área (m):		
Características del Terreno		
Textura:	PER:	MO:
Pendiente:		
Área parcela:	Longitud (m):	Ancho (m):

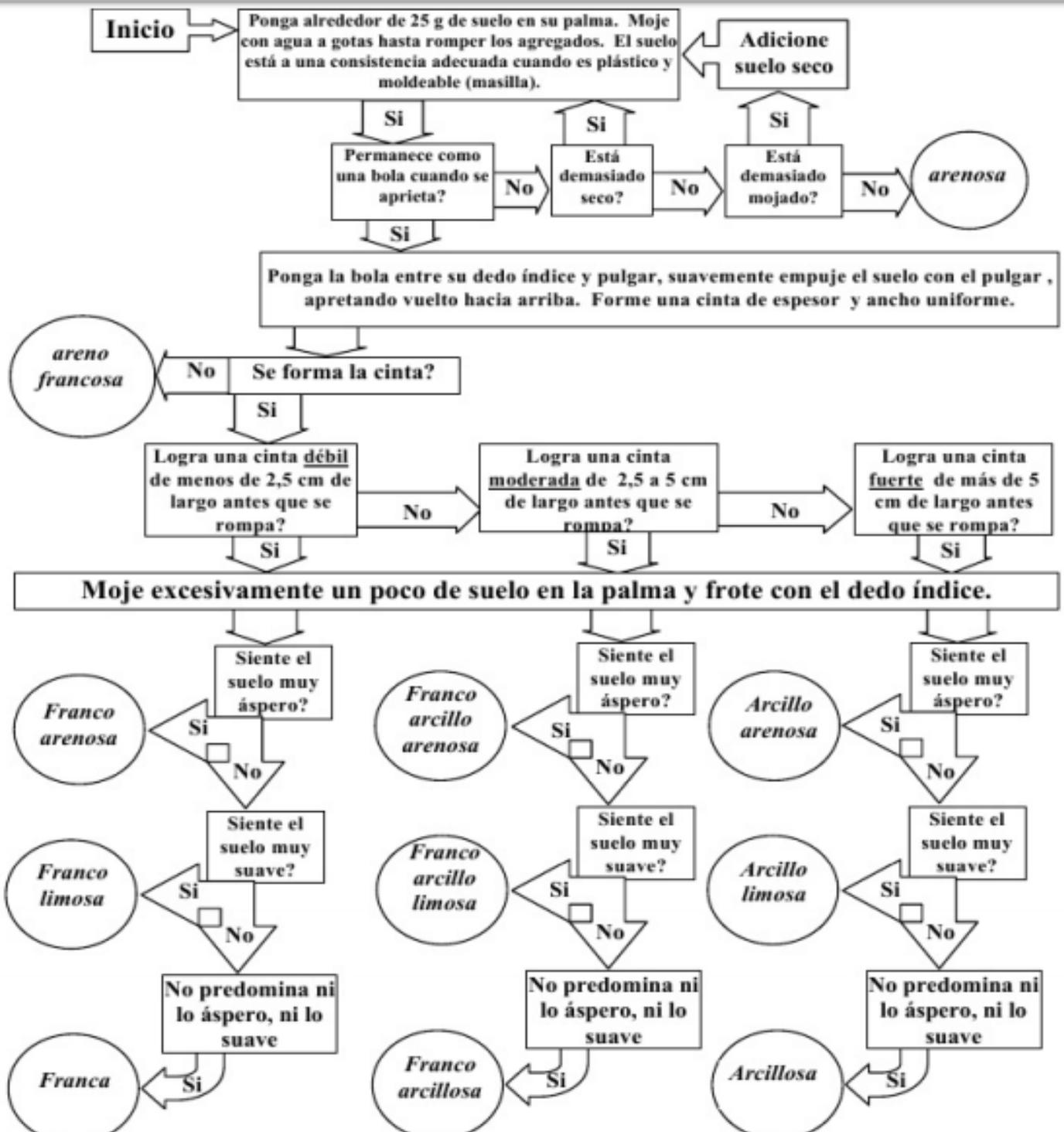
Bioindicadores de calidad de suelo y agua para el bienestar humano en la Finca Buenos

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

Aires, Comunidad el Naranjo. FAREM--Matagalpa

Fuente: (Valdivia, Pilarte, & Espinoza, 2019) Modificado por investigadores

ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL MÉTODO DE CASANOVA



Fuente: (Ciancaglini, 2017)

ANEXO 11. LABORATORIO HUMEDAD DE SUELO

Lote	Tara(gr)	Pss+Tara (gr)	Psh1+Tara (gr)	Psh2+Tara (gr)	Saturación %

Lote	Tara (gr)	Psh	pss	CC %	PMP %	CRAD %

Lote	P. beaker (gr)	p. suelo (gr)	V(ml). agua destilada	pH	Temperatura °C

Lote	Peso terrón (gr)	Peso terrón + parafina(gr)	V. retirado de 100ml	Dap gr/cm³

FOTOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Fotografía 1. Lote de café



Fotografía 2. Pozo en estudio ubicado en el área de café



Fotografía 3. Lote de granos básicos



Fotografía 4. Practica velocidad de infiltración en parcela de granos básicos



Fotografía 5. Medición y referencia del área de café



Practica humedad de suelo

Fotografía 6. Saturación del suelo



Fotografía 7. Infiltración del suelo en un periodo de 72 horas

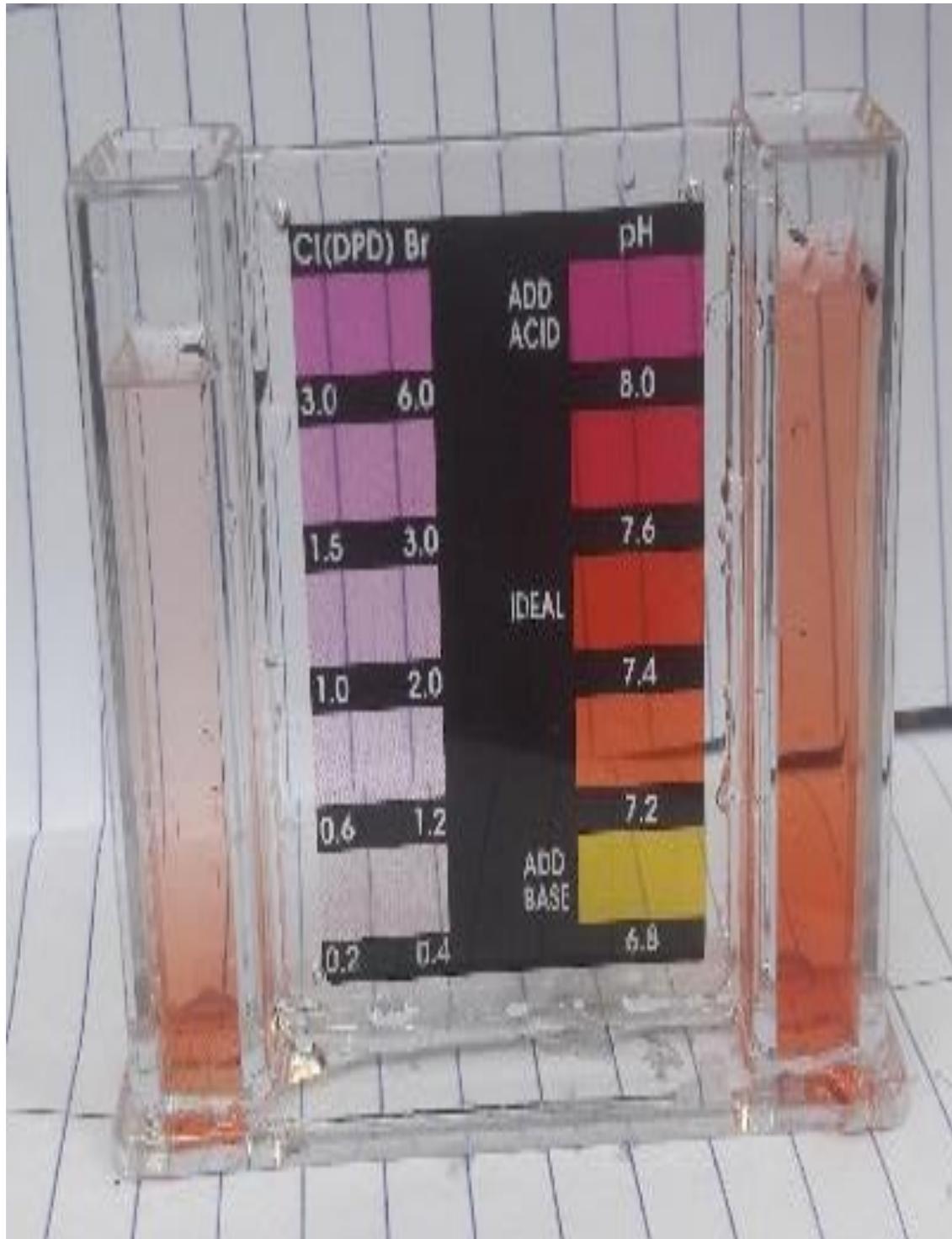


PRÁCTICA DE LABORATORIO DE AGUA

Fotografía 8. Demanda Química de Oxígeno (DQO)



Fotografía 9. Realización de pH (parte derecha) y Cloro (parte izquierda)



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:

Institución	Frecuencia # visitas por mes
Privado-----	-----
Publico-----	-----
ONG -----	-----
Cooperativa-----	-----
Campesino-----	-----
Otro -----	-----

Fotografía 10. Hoja de resultados de analisis de DQO en laboratorio

 PROLACSA	Sistema de Gestión Integrado	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: Marina Lopez. Fecha: 23/05/19
 Analisis Realizado a: Aguas de ONVAN → Aguas Comunitarias SAN RAMON (Matagalpa)

Tanque de igualación				Caudal salida		
Hora	O ² mg/l	pH	Bacterias ml	Inicial:		
08:00	/	/	/	Final:		
13:00	/	/	/	m3 Total tratados 24 hrs:		
Promedio	/	/	/			

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

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

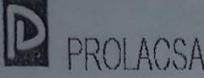
Agua de Pozo Comunidad Gr. Naranja San RAMON

DQO		
Punto de muestro	Estación de bombeo	Canal Parshall
Hora de inicio digestión	1:00 PM	
Hora final digestión	3:00 PM	
Dilución y N° partes	-	
Rango del reactivo	15- 300.	
Código del reactivo	114895	
Resultado	133 Mg/L	PH = 7.95

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 limites y limites 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.

Fotografía 11. Hoja de resultados de analisis de DBO en laboratorio



Sistema de Gestión Integrado

Código: 0224-RB-F01-V01

Aprobó: M. Ochoa

Responsable: E. López

Fecha vigencia: No Revisión

sep-18: 1

Formulario para registro de resultados de análisis de DBO⁶

Análisis realizado a UNAN Aguas Comunitarias
SAN RAMON Matagalpa

23/05/19

Operator: _____ Fecha: _____

TABLA DE REFERENCIA PARA MONTAJE DE ANÁLISIS (Marque con una "X" Rango, Volumen y Factor Utilizado.)

BSB / BOD / DBO (mg/l)	F64	Cl. / Filling Vol. (ml)	Factor / Factor	BSB / BOD / DBO (mg/l)	Füllvol.	Filling Vol. (ml)	Factor / Factor
0 ... 40		432	1	0 ... 400		164	10
0 ... 80		365	2	0 ... 600		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: **SI () NO ()** 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 # Part/Dilución.)						
Nombre de Op.						
Resultado Final (Medición x Factor x # Part/Dilución.)	Promedio Final (= Resultado de la + de los días / los días.)					

Observaciones: **Aguas de Pozo. Comunidad el Naranjo SAN RAMON**

TABLA DE REFERENCIA PARA MONTAJE DE ANÁLISIS (Marque con una "X" Rango, Volumen y Factor Utilizado.)

BSB / BOD / DBO (mg/l)	F64	Cl. / Filling Vol. (ml)	Factor / Factor	BSB / BOD / DBO (mg/l)	Füllvol.	Filling Vol. (ml)	Factor / Factor
0 ... 40		432	1	0 ... 400		164	10
0 ... 80		365	2	0 ... 600		97	20
0 ... 200		250	5	0 ... 2000		43.5	50

Identificación del Punto de Muestreo: **Aguas de Pozo Naranja**

Fecha de Inicio (Montaje): **23/05/19** Hora de Inicio (Montaje): **1:10 PM**

N° De Cabezal: **5** N° Botella Ámbar: _____ Color de Cabezal: **Amarillo () Verde (X)**

Dilución: **SI () NO ()** N° De Partes: **250 mg/L**

Fecha Final: **28/05/19** Hora Final: **2:15 PM**

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 # Part/Dilución.)	5	5	0	5	10	
Nombre de Op.						
Resultado Final (Medición x Factor x # Part/Dilución.)	Promedio Final (= Resultado de la + de los días / los días.)					

Observaciones: **12.5 mg/L**

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, DCO (mg/l) <= 250, pH 6 a 9, Nitrogeno <= 45 mg/l.

Indirecta a cuerpos receptores, deberán cumplir con los rangos permisibles a continuación: Nitrogeno (N) 10 mg/l, Fosforo (P) 2 mg/l, DCO 125

Fotografía 12. Análisis de Alcalinidad y Dureza de agua, en laboratorio

AGUA DE ALIMENTACION		TURNOS		AGUA DE CALDERA		TURNOS		AGUA DE TRATADA (ABLANDADOR)		CONDENSADORES EVAPORATIVOS	
Análisis	Rango	Análisis	Rango	Análisis	Rango	Ablandador N° 1	Ablandador N° 2	Análisis	Rango	Condensador N° 1	Condensador N° 2
Aspecto	8-9	Aspecto	Limpio	Dureza Total (mg/l)	Max. 1 mg/l			Dureza Total (mg/l)	400 ppm		
Alcalinidad P		Alcalinidad P	Max. 600 mg/l	Alcalinidad M				Alcalinidad M	7.5-8.0		
Alcalinidad M		Alcalinidad M	Max. 600 mg/l	Ph				Ph			
Temperatura	90°C	Fosfato	Max. 30 mg/l	Conductividad				Conductividad	<1400		
Dureza total	Max. 1 mg/l	Sulfato (N-1720)	Max. 30 mg/l	TDS				TDS			
Alcalinidad P	2.5 - 25 mg/l	Sólidos Totales Disueltos (TDS)	Max. 2500 mg/l								
Alcalinidad M	2xP mg/l	pH	10.5 - 12 pH								
-Guard	3-5 mg/l	Silice	Max. 160 mg/l								
CE	<140 mg/l	Dureza Total	0.0 mg/l								
Alcalinidad OH	N/A	Alcalinidad OH	200-800 mg/l								
uro	<40 mg/l	Corrosivos	≤ 80 mg/l								
ductividad	<40 µS	Hierro	< 1 mg/l								
ro	< 0.1 mg/l	Nex-Guard	≥ 60 mg/l								
		Conductividad	≥ 5000 µS								

envases:
 Rotámetro → DT: 10.4 ML N1 K 40: 416 ✓
 ALC P: 0
 ALC M: 844
 DT: 3.1 ML N1 K 40: 124 ✓
 ALC P: 56
 ALC M: 132

ANEXO N°12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Fechas
Toma de coordenadas	02/05/19
Tasa de infiltración	02/05/19
Evaluación Visual de Suelo	02/05/19
Pendiente	02/05/19
Práctica de laboratorio de suelo saturación	08/05/19
Infiltración de la muestra, después de 48 hora	10/05/19
Cálculo de la humedad de suelo	11/05/19
Recolección de la muestra de suelo para identificar artrópodos	24/06/19
Identificación de artrópodos en laboratorio	25/06/19
Reconocimientos artrópodos	27/06/19
Práctica de laboratorio de agua	07/09/19
Análisis de MO	10/11/19
Procesamiento de la información	03/05/19-27/01/20

Fotografía 13. Análisis de MO en parcela de Café

Fotografía 14. Análisis de MO en parcela de Granos básicos



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: ODESAR
Dirección: Frente al SILAIS, Matagalpa.
Nombre de muestra: Productor: Paulino Dávila, Cultivo de Frijol, PER: 11 cm, Coordenadas: X: 0630694, Y: 1425316
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2019/10/16
Ref. laboratorio: SU-3594-19
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: Finca: Buenos Aires, Comunidad: El Naranjo
Municipio/Depto.: San Ramón/Matagalpa
Fecha muestreo: 2019/10/11
Fecha de realización de ensayo: 2019/10/17-2019/10/23
Fecha de emisión: 2019/10/23
Muestreado por: Cliente

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-07	%	6,40

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.

Lic. Benito Zapata Amaya
Director Ejecutivo

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

Página 1 de 1

Este Informe electrónico es emitido al cliente con carácter informativo, el Informe oficial es Impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

Km 83 Carretera Managua-Ledón

repcionlaquisa@gmail.com / resultadoslaquisa@gmail.com

2310 - 2583 / 8854 - 2550

Fotografía 15. Análisis bacteriológico en campo



Fotografía 16. Análisis bacteriológico después de 24 hora

