

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA

**INDICADORES DE LA CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS
DE USO DE SUELO; SISTEMA AGROFORESTAL CACAO
(*Theobroma cacao*), CULTIVOS INTERCALADOS Y CULTIVO DE
PLATANO (*Musa paradisiaca*) CORREGIMIENTO DE SANTO
DOMINGO, DISTRITO DE BUGABA**

EVA SOFIA MORENO

4-783-1388

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2021

INDICADORES DE LA CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS DE USO DE SUELO; SISTEMA AGROFORESTAL CACAO (*Theobroma cacao*), CULTIVOS INTERCALADOS Y CULTIVO DE PLATANO (*Musa paradisiaca*) CORREGIMIENTO DE SANTO DOMINGO, DISTRITO DE BUGABA

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO INGENIERO EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

APROBADO:

DIRECTORA: FELICITA GONZÁLEZ _____

ASESOR: ALEXIS SAMUDIO _____

ASESOR: OVIDIO NOVOA _____

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su amor y bondad infinitos, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mi profesora asesora: Felicita González por su orientación, ayuda, dedicación, paciencia y transmisión de conocimientos para ayudarme a culminar mi trabajo de grado.

A mis padres: Cristian Moreno y Glendy Yanguéz por su amor, trabajo, sacrificio y ser los principales motores de mis sueños, gracias por confiar y creer en mí. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hija son los mejores padres.

A mi hermana: Cristel Moreno por el apoyo moral que me brindo a lo largo de esta etapa.

A mis abuelos: Esther Batista y Mario Yanguéz por sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mi pareja: Hansel Soberón por sus consejos, apoyo incondicional, y paciencia que me ayudaron a concluir esta meta.

A mi amiga: Hercylariza Pérez por extender su mano para apoyarme siempre de forma incondicional.

A mis tíos: Ronall Yanguéz, Dorian Yanguéz y Wendy Yanguéz por creer en mí y apoyarme a lo largo de toda la carrera.

De manera especial expreso mi más sincero y profundo agradecimiento Al Señor Alejandro Aguilar por abrirnos las puertas de su finca y casa para la realización del estudio y compartir sus conocimientos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis Padres Glendy Yanguéz y Cristian Moreno, a mi hija Ana Sofía Soberón quienes son mi fuente de inspiración para superarme cada día más por estar a mi lado siempre brindándome todo su amor y apoyo para hacer de mí una mejor persona.

A mis compañeros y amigos que supieron aceptarme para complementarnos con nuestras debilidades y fortalezas e hicieron a un lado nuestras diferencias y me brindaron su amistad, confianza y apoyo.

INDICADORES DE LA CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS DE USO DE SUELO; SISTEMA AGROFORESTAL CACAO (*Theobroma cacao*), CULTIVOS INTERCALADOS Y CULTIVO DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CORREGIMIENTO DE SANTO DOMINGO, DISTRITO DE BUGABA, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ.

Moreno Yanguéz, E. S. 2021. Indicadores de la calidad de suelo; en tres sistemas de uso de suelo sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao*), cultivos intercalados y cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) Corregimiento de Santo Domingo, Distrito de Bugaba, Provincia de Chiriquí, República de Panamá. Tesis Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente. David, Chiriquí. FCA. 106 p.

RESUMEN

El conocer la calidad del suelo nos permitirá asociar la condición de éste a características necesarias para un uso particular, manteniendo su aptitud en un futuro. De esta forma se puede proveer un método efectivo para evaluar directa o indirectamente los impactos de las decisiones de manejo por parte del hombre.

Con el propósito de evaluar la calidad de suelo en tres sistemas de uso de suelo, se establecieron en la comunidad de Santo Domingo, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí; parcelas de muestreo donde cada finca representó un sistema de cultivo. Los sistemas evaluados fueron: sistema agroforestal de cacao, sistema de cultivos intercalados y monocultivo de plátano. Para la obtención de los valores de índice de Calidad de Sitio (ICS) se utilizó la metodología propuesta por Cantú et al. (2007), los indicadores químicos-físicos se analizan mediante la metodología de Díaz Romeu y Hunter (1978) y Henríquez y Cabalceta (1999). De acuerdo con la caracterización el sistema intercalado y cultivo de plátano son similares, diferenciándose del SAF de cacao pudiéndose considerar este último como orgánico. Los atributos seleccionados para ICS fueron: pH en agua (1:2.5), disponibilidad de nutrientes, nitrógeno(%) y densidad aparente; correspondiéndole al sistema de cultivo de plátano un ICS de 2.85, cultivo intercalado 2.55 y SAF cacao 2.54. Para los indicadores físicos - químicos la parcela 1 y 2 (cultivo de plátano y cultivos intercalados) registraron los mayores contenidos de fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, nitrógeno, densidad aparente y mejor pH; en relación con el sistema agroforestal de cacao. La densidad aparente para este sistema fue de muy alta calidad (0.91), siendo un sistema más orgánico y de mejor calidad de suelo.

Palabras claves: Sistema agroforestal, indicadores, fertilidad, índice de calidad de suelos.

**INDICATORS OF SOIL QUALITY IN THREE SYSTEMS OF LAND USE;
SYSTEM AGROFORESTAL CACAO (*Theobroma cacao*), INTER-
CALCULATED CROPS AND BANANA CULTIVATION (*Musa paradisiaca*)
CORREGIMIENTO DE SANTO DOMINGO, DISTRITO DE BUGABA, PROVINCIA
DE CHIRIQUI, REPUBLICA DE PANAMA.**

Moreno Yanguéz, E. S. 2021. Indicators of soil quality in three land use; systems cacao agroforestry system (*Theobroma cacao*), intercropping and banana cultivation (*Musa paradisiaca*) district of Santo Domingo, Bugaba District, Chiriquí Province, Republic of Panama. Thesis Engineering in Watershed Management and Environment. David, Chiriquí. FCA. 106 p.

ABSTRACT

Knowing the quality of the soil will allow us to associate its condition with the characteristics necessary for a particular use, maintaining its aptitude in the future. In this way, an effective method can be provided to assess the impacts of human management decisions directly or indirectly.

With the purpose of evaluating soil quality in three land use systems, they were established in the community of Santo Domingo, Bugaba district, Chiriquí province; sampling plots where each farm represented a cropping system. The systems evaluated were: cocoa agroforestry system, intercropping system and banana monoculture. To obtain the Site Quality Index (ICS) values, the methodology proposed by Cantú et al. (2007), the chemical-physical indicators are analyzed using the methodology of Díaz Romeu and Hunter (1978) and Henríquez and Cabalceta (1999). According to the characterization, the intercropping system and plantain cultivation are similar, differing from the cocoa SAF, the latter being considered organic. The attributes selected for ICS were: pH in water (1:2.5), nutrient availability, nitrogen% and apparent density; corresponding to the plantain cultivation system a value of 2.85, intercropping 2.55 and SAF cocoa 2.54. For the physical-chemical indicators, plot 1 and 2 (plantain crop and intercropped crops) registered the highest contents of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, organic matter, nitrogen, apparent density and better pH; in relation to the cacao agroforestry system. The apparent density for this system was of very high quality (0.91), being a more organic system with better soil quality.

Keywords: Agroforestry system, indicators, fertility, soil quality index.

INDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
1.0. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Hipótesis de Trabajo.....	6
1.6. Alcances y limitaciones.....	6
1.6.1. Alcances.....	6
1.6.2. Limitaciones.....	7
2.0. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Calidad del suelo.....	8
2.2. Indicadores de calidad de suelo	9
2.3. Índice de calidad de suelo.....	11
2.4. Sistemas de cultivos.....	12
3.0. MARCO METODOLÓGICO	19
3.1. Descripción del área de estudio	19
3.1.1. Factores Climáticos.....	20
3.1.2. Factores Edáficos.....	20

3.1.3. Zona de Vida	21
3.2. Establecimiento de las parcelas de muestreo	21
3.3. Caracterización de los sistemas seleccionados.	23
3.4. Indicadores de calidad de suelos seleccionados.....	23
3.5. Muestreo y análisis de suelo.....	25
3.6. Índice de Calidad de Suelo	27
4.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Caracterización de los Sistemas.....	30
4.2. Índice de calidad de suelo.....	32
4.3. Indicadores químicos	34
4.4. Indicadores físicos.....	39
5.0. CONCLUSIÓN.	40
6.0. RECOMENDACIONES	42
7.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	43
ANEXOS	51

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁG
I. INDICADORES QUÍMICOS - FÍSICOS, A UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE SUELO EN LOS TRES SISTEMAS. LAS LAGUNAS, BUGABA. 2021.....	24
II. ATRIBUTOS UTILIZADOS COMO INDICADORES DE SUELO. LAS LAGUNAS, BUGABA. 2021.....	28
III. ESCALA DE CLASES DE CALIDAD DE SUELOS. LAS LAGUNAS, BUGABA. 2021.....	29
IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS EVALUADOS. LAGUNAS, BUGABA. 2021.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁG
1. Ubicación geográfica del área de estudio. Las Lagunas. 2021.....	19
2. Ubicación de las parcelas de estudio. Las Lagunas, Bugaba. 2021.....	22
3. Puntos de muestreo para los sistemas en estudio. Las Lagunas, Bugaba. 2021.....	26
4. Valores de los indicadores de calidad de suelo para pH, fósforo y aluminio. Las Lagunas. Bugaba 2021.....	36
5. Valores para los indicadores de suelo para calcio, magnesio y potasio. Las Lagunas. Bugaba 2021.....	37
6. Valores de los indicadores de calidad de suelo para hierro, cobre, manganeso y zinc. Las Lagunas. Bugaba 2021.....	38
7. Valores de los indicadores de calidad de suelo para materia orgánica y nitrógeno. Las Lagunas. Bugaba 2021.....	39
8. Valores de los indicadores de calidad de suelo para Densidad aparente. Las Lagunas. Bugaba 2021.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁG
1. Formulario de encuesta aplicada. Las Lagunas. Bugaba 2021.....	52
2. Indicadores físico - químico del suelo. Las Lagunas. Bugaba 2021.....	55

1.0. INTRODUCCIÓN

La región occidental de la provincia de Chiriquí ha sido tradicionalmente una región agropecuaria, cuya producción se basa en rubros como banano y café para exportación, productos hortícolas, palma aceitera, arroz, raíces y tubérculos y la ganadería extensiva, además se cultivan frutales. La riqueza natural y productiva de sus suelos le han permitido ser una región productora de importantes rubros; la actividad agrícola es una actividad llevada a cabo por muchos productores, particularmente, pequeños y medianos, cooperativas como también por asociaciones. CONADES (Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible, Sf.)

De acuerdo a informe del Ministerio de Desarrollo Agropecuario año 2017-2018, se obtuvo una producción de 84.510,257 quintales equivalentes a 3.841,375 toneladas de productos agrícolas con participación de 35,437 productores. Los cultivos industriales aportaron el 63 por ciento a la producción, los frutales el 22 por ciento, los granos básicos 12 por ciento y el 4 por ciento las hortalizas, cucurbitáceas y las raíces y tubérculos. Estas actividades se desarrollaron en 219,817 hectáreas sembradas con diferentes tecnologías de producción, de las cuales se cosechó el 96 por ciento, reportando pérdidas de 2,258 hectáreas (Ministerio De Desarrollo Agropecuario, 2019). Las cifras presentadas nos hacen reflexionar, que, a pesar del papel de la tecnología por apoyar a mayor número de productores, hay un límite finito a los recursos disponibles de la tierra. El cambio en el uso de los suelos que se ha registrado en nuestra provincia y país, traen como consecuencia del deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas como resultado del uso agrícola.

El objetivo que se ha planteado en esta investigación es comparar la condición del suelo en término de su calidad en tres sistemas, sistema agroforestal de cacao bajo sombra, monocultivo y parcela con plátano.

El conocer la calidad del suelo nos permitirá asociar la condición de éste a características necesarias para un uso particular, manteniendo su aptitud en un futuro. De esta forma se puede proveer un método efectivo para evaluar directa o indirectamente los impactos de las decisiones de manejo por parte del hombre.

1.1. Planteamiento del problema

La provincia de Chiriquí ha sido tradicionalmente una región agropecuaria por excelencia, su riqueza natural y vocación agrícola le ha permitido al sector primario ser clave de la seguridad alimentaria, como principal productora de importantes rubros, para consumo nacional y comunidades de la región. Posee un rico patrimonio ambiental en el que se destacan sus bellezas escénicas, suelos, aguas, clima y diversidad biológica. Estudios realizados han identificado problemas de pérdidas de suelo, disminución de la calidad de agua y contaminación por insumos químicos en la agricultura. CONADES (Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible, Sf.)

Hay una clara necesidad de un nuevo enfoque para la conservación de los suelos. Los intereses de los agricultores, la productividad agrícola y su sostenibilidad a través de la preservación y mejoramiento de la calidad del suelo, brindan el punto de partida para esta perspectiva y deben por ello considerarse prioritarios.

El uso del suelo produce alteraciones estructurales y funcionales que condicionan su productividad, siendo prioritario su conocimiento y cuantificación. Mediante el valor de los indicadores se busca identificar los diferentes estados de estos suelos bajo estos tres sistemas de uso; por ello, es necesario conceptualizar el suelo como un recurso valioso; ya que su pérdida no se revierte. Los indicadores de calidad de suelo son una herramienta que nos permitirán visualizar el origen de los procesos de degradación y, a partir de esto, delinear pautas de manejo que tiendan a mitigarlos.

1.2. Antecedentes

Los primeros estudios de los suelos y agricultura en la región suroeste de la provincia de Chiriquí se realizaron a principios del año 1955; cuyo objetivo fue evaluar el suelo y las condiciones de las tierras en la región, al igual determinar las características de los suelos desde el punto de vista edafológico, uso, manejo y capacidad de la tierra para el presente y futuro. (Matthews et al, 1960).

Un suelo es el resultado de las diferentes interacciones entre los factores formadores de suelo. Es por ello que cada suelo tiene su capacidad innata de funcionar. El concepto de calidad es funcional, incluye variables que sirven para evaluar la condición del suelo, o de los indicadores de calidad de suelo (ICS).

Los ICS son herramientas de medición que ofrecen información sobre las propiedades, procesos y características del suelo (Bremer; Ellert, 2004). Estos ICS son atributos medibles que revelan la respuesta de la productividad

o funcionalidad del suelo al ambiente, e indican si la calidad del suelo mejora, permanece constante o decrece. Aportan información sobre el efecto del cambio en el uso del suelo y el impacto que tienen las prácticas agrícolas sobre la degradación o su funcionamiento. Los ICS pueden ser las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo o procesos que ocurren en él.

Villarreal *et al*, (2013), utilizando la metodología de indicadores de calidad de suelo, realiza investigación para obtener gestión agrícola y ambiental en suelos cultivados con banano en Panamá. Este rubro es cultivado en diferentes suelos, marcando de esta manera diferencias en las características del suelo y su calidad.

El análisis de ICS permite detectar cambios en el suelo, especialmente en la parte biológica, provee los aspectos básicos para evaluar la sostenibilidad del manejo del sistema y tiene relación directa con la producción sostenible; por tales razones, el ICS es el indicador primario del manejo sostenible de suelos y se considera un componente crítico de la agricultura sostenible (Doran y Parkin 1994, Larson y Pearce 1991, Karlen *et al*. 1997).

1.3. Justificación

En los últimos años nuestro país ha registrado cambios en el uso de la tierra convirtiendo ecosistemas naturales a cultivados y tierras de cultivo a otros usos, cambiando los esquemas a tierras agrícolas a tendencias de

monocultivos; intensificando procesos de degradación de los recursos y comprometiendo la sustentabilidad de los sistemas productivos.

El deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, como resultados del mal manejo de estos recursos nos lleva a interpretar la condición de un suelo en términos de su calidad. El criterio sugerido por Larson y Pierce (1994), referido a la actitud para el uso se considera el más adecuado. La calidad del suelo se define en términos de productividad, específicamente en relación a la capacidad de sostener el crecimiento de los vegetales.

La caracterización de los cambios positivos o negativos en la calidad del suelo provee un método efectivo para evaluar directa o indirectamente los impactos de las decisiones de manejo por parte del hombre. Respecto a la producción de cultivos, las funciones del suelo están orientadas alimentar y mantener el crecimiento de las plantas, (Carter *et al*, 1997)

El mejoramiento del suelo en SAF está vinculado al crecimiento de los árboles fijadores de nitrógeno o de árboles/arbustos de raíces profundas que aumentan la disponibilidad de los nutrientes a través de la fijación biológica, reciclaje de nutrientes desde capas profundas hacia la superficie del suelo (especialmente en zonas secas) y acumulación de materia orgánica en el suelo (Beer; Rao, 1998).

De allí la importancia de este estudio que compara tres tipos de uso del suelo con manejos diferentes bajo un mismo orden de suelo, permitiendo al productor evaluar la sostenibilidad del manejo del sistema.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la calidad de suelos en sistema agroforestal de cacao, cultivos intercalados y plátano, en la comunidad de Las Lagunas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar los sistemas de cultivo de cacao, cultivos intercalados y plátano.
- Evaluar las propiedades químicas y físicas en los diferentes sistemas de cultivo.
- Calcular el índice de calidad de suelo en los sistemas.

1.5. Hipótesis de Trabajo

- El análisis de la calidad del suelo nos permitirá desarrollar recomendaciones para el manejo y sostenibilidad de los suelos y de los cultivos.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

El estudio beneficia a los productores, investigadores y técnicos, a nivel de la región; conocer la calidad de los suelos permite proponer acciones correctivas en el manejo agronómico de los suelos, para un mejor uso ambiental. De igual forma estaría al alcance de entidades como el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, ONG's entre otros.

1.6.2. Limitaciones

Las limitaciones en la investigación se dieron por variantes como: condiciones climáticas del sitio, metodología para la interpretación de los valores de (ICS) índice de calidad de suelo y análisis químico de las muestras teniendo que ser trasladadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en Panamá.

2.0. MARCO TEÓRICO

2.1. Calidad del suelo

La calidad del suelo se define como la capacidad o aptitud para soportar el crecimiento de los vegetales sin que esto resulte en la degradación del suelo o en un daño ambiental (Acton; Gregorich, 1995). La calidad del suelo se establece como resultado de asociar la condición del suelo a características necesarias para un uso particular.

La calidad del suelo se considera como una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente en relación con un uso específico. Sin embargo, (Arshad; Coen, 1992), le adjudicaron a este concepto un vínculo más ecológico, al definirlo como su capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, y a la vez preservar un ambiente sano

La calidad del suelo incluye tres principios importantes: a) La productividad del suelo, que se refiere a la habilidad del mismo para promover la productividad del ecosistema o agroecosistema, sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas; b) la calidad del medio ambiental, entendida como la capacidad de un suelo para atenuar los contaminantes ambientales y patógenos aquí se incluyen los servicios ecosistémicos que ofrece (reservorio de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, recarga de acuíferos, etc.); y c) la salud, que se refiere a la capacidad de un suelo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otros organismos. (Astier et al., 2002)

En este mismo sentido el comité para la salud del suelo de la Soil Science Society of America define a la calidad como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat. (Karlen et al, 1994),

2.2. Indicadores de calidad de suelo

Un indicador es un atributo en términos de una medición específica o procedimiento de medición donde la variable está asociada a una particular serie de entidades a través de las cuales se manifiesta. Estas entidades son referidas como estados o valores de esta variable. (Gallopín, 1997)

En el mismo orden Wilson (2017), define como indicador a la variable que resume o simplifica información relevante, haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible, mediante la cuantificación y comunicación en forma comprensible.

Nos indica Domínguez (2005), citando a Muller, que los indicadores son como herramientas para agregar y simplificar la información de naturaleza compleja de manera útil y ventajosa.

2.2.1. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso, Singer, Ewing (2000), ya que no se pueden mejorar fácilmente. La calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, los nutrimentos y los pesticidas, lo cual reduce el efecto invernadero, y conlleva un incremento de la producción agrícola.

Nos indica el mismo autor que esta calidad no se puede medir directamente, pero se infiere a través de los indicadores de la calidad (estáticos o dinámicos) y de la medición de los atributos que están influenciados por el uso y las prácticas de manejo. La estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad del suelo superficial, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hidráulica saturada, son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

Existe una amplia variedad de indicadores físicos de la calidad del suelo, estos varían de acuerdo con las características predominantes del lugar en estudio. Doran y Parkin (1994), seleccionaron como indicadores la textura, profundidad, conductividad hidráulica, densidad aparente y capacidad de retención de agua.

2.2.2. Indicadores químicos.

Los indicadores químicos se refieren a las condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo,

y la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y los microorganismos. (Wilson, 2017)

En este mismo sentido Doran y Parkin (1994), propusieron como indicadores químicos el contenido de materia orgánica (MO), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), disponibles. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, MO, N, P y K) son importantes en términos de producción de cultivos.

Nortcliff (2002), propuso al pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos como el Aluminio y Manganeseo. Es importante considerar que uno de los problemas que presenta la utilización de las propiedades químicas como indicadores de la calidad del suelo es su alta variabilidad estacional.

2.3. Índice de calidad de suelo

Según De Paul Obade y Lal (2015), los índices de calidad de suelo son variables numéricas que se obtienen luego de incluir una serie de indicadores de tipo físico, químicos y biológicos.

De igual forma nos indica Karlen et al. (1997), un índice de la calidad del suelo (SQI en inglés) es un valor numérico, comprendido entre 0 y 1 (también podría expresarse en porcentaje, entre 0 y 100%), que valora la calidad de un determinado suelo i para cumplir sus funciones en el ecosistema. Los índices más sencillos son aquellos que sólo tienen en cuenta un indicador (índices simples). Por ejemplo, un índice basado exclusivamente en contenido de carbono orgánico (% C.O).

En este mismo sentido Estrada *et al* (2017) indica que los índices de calidad de suelo (ICS) son herramientas de medición que ofrecen información sobre las propiedades, procesos y características del suelo. Estos ICS son atributos medibles que revelan la respuesta de la productividad o funcionalidad del suelo al ambiente, e indican si la calidad del suelo mejora, permanece constante o decrece.

2.4. Sistemas de cultivos

Cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)

El cacao o cacaotero, científicamente denominado "*Theobroma cacao*", es una planta de tierras cálidas y húmedas. Hoy día en muchas zonas rurales de América Latina y África, el cacao constituye la principal fuente de ingresos de más de 4.5 millones de familias. González (2018) Todos los agricultores y pueblos originarios lo cultivan; garantizando de esta manera a la industria la materia prima principal del exquisito chocolate. El cacao, tiene un nombre compuesto, donde la expresión "cacao" (originalmente pronunciada kakawa). Es de origen milenario y significa "jugo amargo" o "Agua ácida" en su lengua original que se remonta a los lenguajes de la familia mixe-zoque; de la cultura Olmecas antiguos quienes fueron los primeros pobladores en Mesoamérica en cultivar la planta. (González, 2018).

- **Taxonomía**

Las plantas de cacao se clasifican en tres grandes grupos el criollo, el forastero y el trinitario. Donde en Latinoamérica el criollo posee características únicas; mientras que los forasteros o trinitarios una mayor productividad en detrimento de la calidad.

Taxonomía del cacao (*Theobroma cacao*): Batista (2009)

División: Espermatofita

Clase: Angiosperma

Sub-clase: Dicotiledónea

Familia: Esterculiácea

Tribu: Bitneria

Género: Theobroma

Especie: Cacao

- **Morfología**

De acuerdo a González J, (2018), la planta de cacao es una caulífera y semi-caducifolia que alcanza una altura de 4 a 5 metros. Tiene pequeñas flores rosadas que se forman en el tronco y en las ramas más viejas. Las semillas de cacao poseen un sabor amargo estas contienen gran cantidad de grasa conocida como manteca de cacao.

- La Raíz

El sistema radicular es de tipo pivotante. Con una raíz primaria que crece verticalmente hacia abajo con un fuerte geotropismo positivo; requiriendo suelos profundos y bien drenados. (González, 2018)

- Tallos y Ramas

El tronco es corto, ramas en verticilos de cinco metros, dimórficas; chupones verticales que crecen en el tronco y que tienen hojas dispuestas en 5/8 de filotaxia. Las ramas laterales (parecidas a unas aspas) tienen un 1/2 de filotaxia, pecíolo con dos pulvinos (engrosamiento o ensanchamiento en forma de cojinete de la base de la hoja), unidos, uno en la base y el otro en el punto de inserción de la hoja con dos estípulas de hoja caduca; elíptico-oblongas u oblongo-obovadas.

- Hojas

Las hojas de cacao son grandes, coriáceas o cartáceas, alternas, dísticas. Con ramas normales, verdes, pecíolo pubescente o tomentoso. (González, 2018)

Cultivo de plátano HÍBRIDO FHIA – 21

Nos Indica Alvarez (2004), que el híbrido FHIA-21, fue desarrollado en 1987. Tiene su origen probablemente en la región Indomalaya donde han sido cultivados desde hace miles de años. Desde Indonesia se propagó hacia el sur y el oeste, alcanzando Hawaii y la Polinesia. Los comerciantes europeos llevaron noticias del árbol a Europa alrededor del siglo III a. C., aunque no fue introducido hasta el siglo X. De las plantaciones de África Occidental los colonizadores portugueses lo llevarían a Sudamérica en el siglo XVI, concretamente a Santo Domingo.

- **Morfología y taxonomía.**

Familia: Musaceae.

Especie: *Musa x paradisiaca* L.

Planta: herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5-7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas. Smith (2011)

- **Descripción botánica**

Rizoma o bulbo: Tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento (meristemos) que dan origen a pseudotallos, raíces y yemas vegetativas.

Sistema radicular: posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 15-20 cm. Las raíces son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad. El poder de penetración de las raíces es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo.

Tallo: El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo. Smith (2011)

Hojas: Se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. La hoja se forma en el interior del pseudotallo y emerge enrollada en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m

o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

Cultivos Intercalados

El cultivo en asocio (o cultivo intercalado) es una práctica en donde se siembran diversos cultivos en un mismo campo. Existen varias combinaciones espaciales para el cultivo en asocio las cuales incluyen el cultivo mixto, con diferentes cultivos sembrados en una misma fila, o sin arreglo espacial. También incluye cultivo de asocio en surcos en donde se siembran diferentes cultivos en surcos alternos.

Cultivo de Haba (*Vicia faba* L)

Taxonomía y morfología. <https://www.infoagro.com/hortalizas/haba.htm>

Familia: Leguminosae, subfamilia Papilionoidea.

Nombre científico: *Vicia faba* L.

Planta: anual. Porte recto.

- Sistema radicular: muy desarrollado.
- Tallos: de coloración verde, fuertes, angulosos y huecos, ramificados, de hasta 1,5 m de altura. Según el ahijamiento de la planta varía el número de tallos.
- Hojas: alternas, compuestas, paripinnadas, con folíolos anchos ovales-redondeados, de color verde y desprovisto de zarcillos.

- Flores: axilares, agrupadas en racimos cortos de 2 a 8 flores, poseyendo una mancha grande de color negro o violeta en las alas, que raras veces van desprovistas de mancha.

Fruto: legumbre de longitud variable, pudiendo alcanzar hasta más de 35 cm. El número de granos oscila entre 2 y 9. El color de la semilla es verde amarillento, aunque las hay de otras coloraciones más oscuras.

Cultivo de otoa (*Dioscorea alata* L.)

La planta presenta tallo aéreo anual, puede llevar o no espinas, hojas alternas u opuestas, largamente pecioladas (Montaldo, 1991). El tallo es una estructura que no puede sostenerse por sí sola, por lo que necesita de un soporte para crecer (Jiménez, 1987). Las hojas son generalmente simples, con ápice agudo; la nervadura principal es radiada, originada en la base; la nervadura secundaria es reticulada. El otoa posee un sistema radicular fibroso, con crecimiento más o menos horizontal y de poca penetración.

Cultivo de guandú (*Cajanus. cajan*)

Descripción botánica

El *C. cajan* es un arbusto anual o perenne, que presenta una variación muy amplia en las partes de la planta, la cual alcanza hasta cinco metros de altura. El tallo es resistente. La planta posee un sistema radicular compuesto y sus hojas son trifoliadas, alternas. (Castillo, 2016).

El *C. cajan* se cultiva en terrenos arenosos ligeros y limosos pedregosos. Por su sistema radicular profundo, el cultivo prospera aun en suelos pobres con abundante material grueso.

Cultivo de ñampí (*Colocasia esculenta*)

El ñampí es una planta herbácea anual y de comportamiento perenne si no se le cosecha. Pertenece a la familia de las aráceas. Morfológicamente es una planta herbácea, suculenta, sin tallos aéreos. Las hojas provienen directamente de un corno subterráneo primario, el cual es más o menos vertical y donde se forman cornos secundarios laterales y horizontales. En su base, las hojas forman un pseudo tallo cilíndrico corto; la duración del ciclo de crecimiento es de 270 a 330 días; durante los seis primeros meses se desarrollan cornos y hojas. (Zapata, 2013)

El ñampí se adapta a la gran mayoría de los tipos de suelo, no obstante, con fines comerciales las siembras deben realizarse en aquellos suelos que tengan textura franca, bien drenada y profunda, con un pH que oscile entre 5.5 y 6.5. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2007).

3.0. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

La comunidad de Las Lagunas se encuentra localizada en corregimiento de Santo Domingo distrito de Bugaba provincia de Chiriquí; con una altitud de 252 metros sobre el nivel del mar, pendiente entre 0 a 3 grados (Ministerio de Ambiente, 2010). El área de estudio se localiza entre los 8° 30' 0" de latitud norte y los 82° 43' 0.1338" de longitud este (Google Earth, 2020)

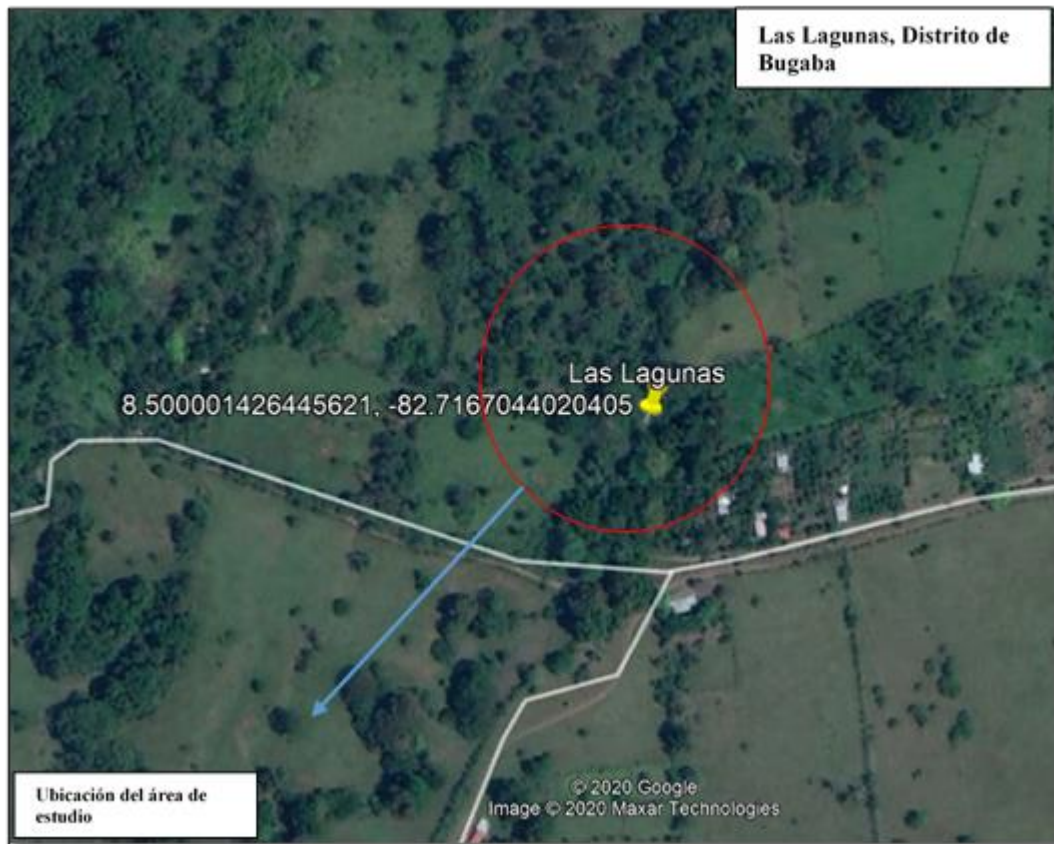


Figura 1. Ubicación GEOGRÁFICA del área de estudio. Las Lagunas. 2021. Fuente: Google Earth, 2020

3.1.1. Factores Climáticos

Según la clasificación climática de Koppen (Ministerio de Ambiente, 2010) el clima del área de estudio es Clima Tropical Húmedo, la temperatura anual promedio es 27°C, la precipitación anual promedio es de 3500 milímetros, mientras que la humedad relativa anual promedio: 83.4 por ciento. (Etesa, 2019)

3.1.2. Factores Edáficos

El suelo de esta región es aluvial de formación reciente, se distinguen por su alto contenido de materia orgánica en el horizonte superficial, por lo que se clasifican entre los mejores para la agricultura. (Ministerio de Ambiente, 2010)

El suelo es arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas, actualmente estas tierras son usadas para actividades agrícolas y ganadera.

Según la capacidad de uso, tienen un potencial para:

- De uso intensivo para cultivos anuales y perennes, capaces de una elevada productividad.
- De uso extensivo para cultivos anuales perennes, con moderada productividad.
- De uso extensivo, con baja producción física por hectárea enfocada a actividades agropecuarias, en general son suelos arables.
- El orden de suelo encontrado en la región es Inceptisol son suelos derivados tanto de depósitos fluviónicos como residuales, y están formados por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria. Son superficiales a moderadamente profundos y de topografía plana a quebrada. (Ministerio de Ambiente, 2010)

Morfológicamente presentan perfiles de formación incipiente, en los cuales se destaca la presencia de un horizonte cámbico (B) de matices rojizos a pardo amarillento rojizo, excepcionalmente pardo amarillentos, y con evidencias dadas de alteración y no de acumulación de material iluviado. (Nuñez, J. 1946)

3.1.3. Zona de Vida

La zona de vida que predomina en la región es la de Bosque húmedo tropical según la clasificación de zonas de vida de Holdridge. (Ministerio de Ambiente, 2010)

3.2. Establecimiento de las parcelas de muestreo

Se establecieron tres parcelas de muestreo temporal en la comunidad de Las Lagunas, Santo Domingo.

A continuación, se describen los tres sistemas de tratamientos; parcela uno, corresponde al sistema agroforestal de cacao con sombra, con un área total de 7,032.3 metros cuadrados; la parcela dos a cultivos intercalados, con cultivos como: habas (*Vicia faba*), otoa (*Discorea alata*), guandú (*Cajanus cajan*) y ñampi (*Colocasia esculenta*) con un área de 4,248.6 metros cuadrados una tercera parcela en monocultivo de plátano híbrido FHIA 21, (*Musa paradisiaca*) con 5,590.7 metros cuadrados.

En cada sitio de estudio y de acuerdo con el sistema seleccionado se marcó una parcela de 20 m x 50 m (1000 m²), en la que se realizaron los muestreos de suelo. Y otras evaluaciones. Cada parcela se ubicó en un lugar representativo de las condiciones predominantes de producción del sistema. De igual forma se marcó el área con estacas y se registraron las coordenadas (GPS), para ubicarlas posteriormente. (Figura 2.)

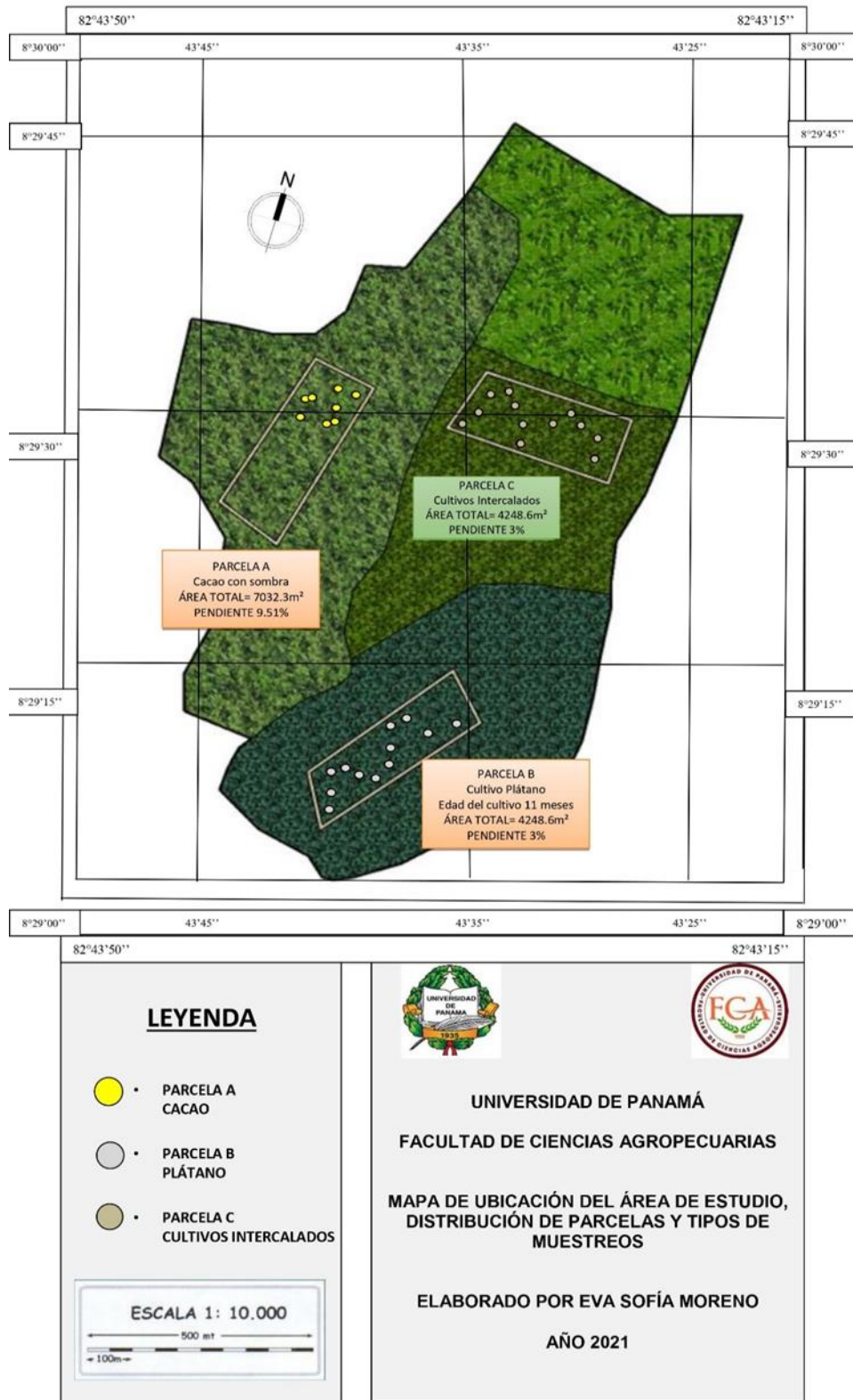


Figura 2. Ubicación de las parcelas de estudio. Las Lagunas, Bugaba. 2021

3.3. Caracterización de los sistemas seleccionados.

Mediante la aplicación de una encuesta a los productores se recolecto información general sobre el historial de la finca, manejo, frecuencia de prácticas de cultivos, insumos, rendimientos, problemas del cultivo y otros.

3.4. Indicadores de calidad de suelos seleccionados.

Para el análisis de la calidad de suelos de los tres sistemas, se hizo en base a la medición de indicadores químicos y físicos como se aprecia en el cuadro I. La evaluación de estos indicadores se realizó una sola vez, por ser relativamente estables (García y Hernández 2003). y por tal razón no se justifica determinarlos en las dos épocas.

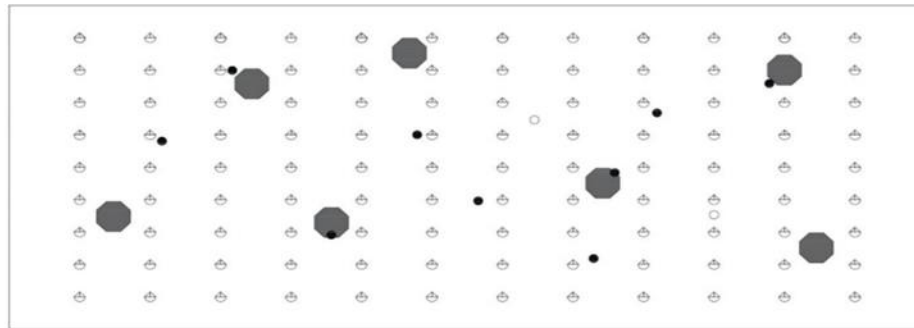
Cuadro I. INDICADORES QUÍMICOS - FÍSICOS, A UTILIZAR PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE SUELO EN LOS CUATRO SISTEMAS. LAS LAGUNAS, BUGABA. 2021

	INDICADORES	Profundidad (cm)	METODOLOGÍA UTILIZADA	FUENTE
Q U Í M I C O	pH	0-20	pH-metro en agua	Díaz Romeu y Hunter (1978)
	Ca (cmol(+) l-1) Mg (cmol(+) l-1) P (mg l-1) K (mg l-1) Cu (mg l-1) Mn (mg l-1) Zn (mg l-1) Fe (mg l-1)	0-20	Extracción de P, K, Cu, Mn, Ca, Mg, Zn. Método Carolina del Norte. Lectura de P, método colorimétrico, la determinación de los demás elementos (K, Cu, Mn, Zn, Ca y Mg) mediante espectroscopia por absorción atómica.	
	%Materia orgánica (MO)	0-20	% Materia orgánica = % C x 1,724	
F Í S I C O	Densidad aparente (DA) (g cc ⁻¹)	0-5	Extracción de suelo con cilindros de 5 cm de altura y 5 cm de diámetro en tres sitios. Secado en horno a 105°C por 24 horas.	Henríquez y Cabalceta (1999)
	% Arcilla Textura % Arena % Limo	0-20	Método granulométrico de Bouyoucos	-

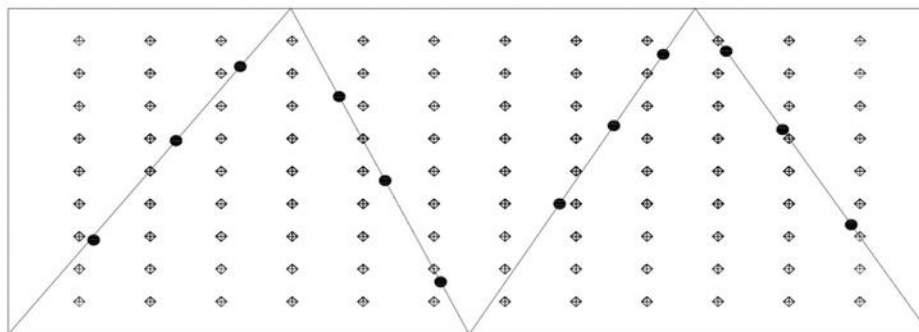
3.5. Muestreo y análisis de suelo

El muestreo para cada parcela consto de 12 submuestras de suelo, para obtener una muestra compuesta de 500 gramos. Las profundidades de muestreo fueron según el indicador 0-20 centímetros. En la parcela con sistema agroforestal de cacao, se tomaron cuatro submuestras de suelo a un metro del tronco de los árboles de sombra, cuatro submuestras en medio de dos árboles de sombra, y otras cuatro a un metro del tronco de los árboles de cacao. (Figura 3-A)

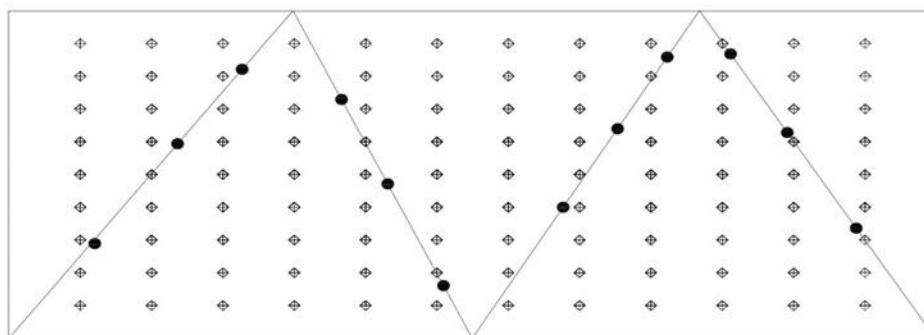
Para los sistemas de uso de suelo monocultivo de plátano y cultivos intercalados se realizó un recorrido en zig-zag tomando 12 submuestras hasta abarcar toda el área. (Figura 3B-C) Las muestras compuestas fueron puestas en bolsas plásticas y rotuladas; estas bolsas no fueron cerradas para evitar cambios bioquímicos que alteren las características de la muestra.



Parcela A
Cultivo Cacao con sombra
ÁREA TOTAL= 7032.3m²
PENDIENTE 9.51%



Parcela B
Cultivo Plátano
Edad del cultivo 11 meses
ÁREA TOTAL= 4248.6m²
PENDIENTE 3%



Parcela C
Cultivos Intercalados
ÁREA TOTAL= 4248.6m²

Figura 3. Puntos de muestreo: A: SAF de cacao

B: Cultivo de plátano

C: Cultivos intercalados

3.6. Índice de Calidad de Suelo

Para definir los ICS y los valores asociados se usó la metodología propuesta por Cantú *et al.* (2007), para lo cual se requiere definir los límites máximos (I_{max}) y mínimo (I_{min}) de los atributos seleccionados.

Los valores de los indicadores fueron normalizados utilizando una escala de 0 a 1. Para los ICS estos valores representan la peor y mejor condición desde el punto de vista de la calidad, respectivamente (Cantú *et al.*, 2007). En los suelos agrícolas, el valor máximo del indicador I_{max} (valor normalizado $V_n = 1$) representa el valor ideal al que se aspira llegar o la mejor situación de calidad del suelo (Cantú *et al.*, 2007). El valor mínimo del mismo I_{min} (valor normalizado $V_n = 0$) representa el mínimo deseable o la calidad mínima aceptable.

El cálculo del valor normalizado de los indicadores se realizó de la siguiente manera:

$$V_n = \frac{(I_m - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

Dónde: V_n : valor normalizado del indicador

I_m : medida experimental del atributo considerado como indicador;

I_{min} : valor mínimo del atributo considerado como indicador;

I_{max} : valor máximo del atributo considerado como indicador.

En el cuadro II, se presentan los límites máximo (I_{max}) y mínimo (I_{min}) considerados para los atributos utilizados como indicadores de suelo. Los mismos se derivan en base a niveles críticos establecidos para las metodologías de extracción.

Cuadro II. ATRIBUTOS UTILIZADOS COMO INDICADORES DE SUELO. LAS LAGUNAS, BUGABA. 2021

INDICADOR	VALOR MÁXIMO (I_{max})	VALOR MÍNIMO (I_{min})
pH (H ₂ O) (1:2.5)	6.5	5.0
Materia orgánica (MO) (%)	6.0	2.0
P _{ext} mg/L (ppm)	56.0	10.0
Na mg/L (ppm)	150.0	50.0
Fe mg/L (ppm)	74.0	25.0
Cu mg/L (ppm)	6.0	2.0
Mn mg/L (ppm)	49.0	15.0
Zn mg/L (ppm)	14.0	4.0
Al (Cmol kg ⁻¹)	2.50	0.50
Ca (Cmol kg ⁻¹)	5.0	2.0
Mg (Cmol kg ⁻¹)	1.50	0.60
K (Cmol kg ⁻¹)	0.38	0.13
N (%)	0.14	0.08
Densidad aparente (g/cc)	1.2	0.8

I_{min}: valor mínimo del atributo; **I_{max}**: valor máximo del atributo

Para la interpretación de los indicadores de calidad generados para los suelos de las tres parcelas de las Lagunas, se utilizó una escala de siete clases de calidad para cada indicador (Cuadro III), una clase mayor a uno y otra menor de cero, debido al amplio rango de valores que presentaron los indicadores generados para los suelos de Las Lagunas.

Cuadro III. ESCALA DE CLASES DE CALIDAD DE SUELOS. LAS LAGUNAS, BUGABA. 2021

Clases de calidad	Escala
Exceso	1.00 1.30
Muy alta calidad	0.80 1.00
Alta calidad	0.60 0.79
Moderada calidad	0.40 0.59
Baja calidad	0.20 0.39
Muy baja calidad	0.00 0.19
Déficit	-1.00 0.00

4.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de los Sistemas.

Las diferencias más importantes para fines de este estudio están en las prácticas de manejo que son más frecuentes e incluyen aplicación de insumos, como se muestra en el (Cuadro IV). El SAF de cacao es el sistema que recibe menos aplicación de insumos sintéticos, pudiéndose considerar como orgánico. El sistema intercalado y cultivo de plátano son similares en sus características, ambos se diferencian del SAF de cacao.

Para el SAF de cacao, los problemas que presenta el cultivo en su producción son las hormigas (*Formica spp*), ardillas (*Sciurus vulgaris*) y la enfermedad monilia (*Moniliophthora roreri*). Este sistema presenta especies leñosas como: mango (*Mangifera indica*), nance (*Byrsonima crassifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), limón persa (*Citrus latifolia*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), cedro (*Cedrela odorata*), palmas pixvae (*Bactris gasipaes*), mamon chino (*Nephelium lappaceum*), banano (*M. sapientum*) y plátano (*Musa paradisiaca L*).

Cuadro IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS EVALUADOS. LAGUNAS, BUGABA. 2021

SISTEMAS			
CARACTERÍSTICAS	SAF CACAO	INTERCALADO	PLÁTANO
Área que ocupan (ha)	0.70323	0.42486	0.55907
Edad promedio (años)	8 años	5 años	11 meses
Material vegetativo	Forastero	Hibrido y criollo	Hibrido (FHIA)
Especies leñosas	<i>Eucalyptus</i> <i>Mangifera indica</i> <i>Cedrela</i> <i>Nephelium</i> <i>lappaceum</i> <i>Byrsonima</i> <i>crassifolia</i> <i>Citrus latifolia</i> <i>Citrus sinensis</i>	-----	-----
Densidad plantas ha ⁻¹	625	Varia según el cultivo	2500
Principales problemas	Ardillas Monilia Hormigas	Bacterias Robo de productos Problemas con animales (zutto)	Nematodos Robo
Prácticas de cultivo	Fumigación Poda (c/año) Chapea (c/4 meses) Deshoja (c/15 días) Deshija (c/2 meses)	Chapea (c/15 días) Deshoja (c/15 días) Deshija (c/2 meses)	Chapea (c/4 meses) Deshoja (c/15 días) Deshija (c/2 meses)
Cosechas	-----	-----	-----
Fertilización	-	Formula 18-16-0	Fórmula 21-24-12,urea, Bayfolan
Herbicidas	-		Gramoxone, Roundup
Fungicidas	-	Benomil, Carbendacil, Obulus	Benomil, Carbendacil, Obulus Antracol 70 wp

4.2. Índice de calidad de suelo.

La fertilidad del suelo integra atributos físicos, químicos y biológicos del suelo (Pieri, 1989). Los atributos seleccionados para esta investigación fueron: pH en agua (1:2), MO, disponibilidad de nutrimentos, N% y densidad aparente, para los tres sistemas de cultivos en estudio; estas variables se seleccionaron debido a que son usados con frecuencia para definir la fertilidad del suelo. En el anexo 5, se muestran los valores de los atributos evaluados una vez normalizados para los tres sistemas de uso de suelo. Analizando los sistemas en base a las clases de calidad de suelos (Cuadro III), estos se encuentran fuera de los límites considerados, correspondiéndole al sistema de cultivo de plátano un valor de 2.85 seguido por el de cultivo intercalado con 2.55 y SAF cacao 2.54, esto se debe a la valoración en conjunto de los indicadores químicos.

Como se puede observar en cada uno de los sistemas existen algunos los indicadores químicos que se encuentran en exceso (Cuadro V), indicando que tanto en el monocultivo de plátano como en los cultivos intercalados y en base a la caracterización de los mismos se utilizan insumos externos (fertilizantes), lo que aumenta la concentración de algunos nutrimentos en el suelo (fósforo, potasio y nitrógeno); en caso de zinc y cobre sus contenidos pueden incrementarse debido a las aplicaciones de agroquímicos que se utilizan tradicionalmente.

Estudios realizados por (Cerdeira, 2008) sobre calidad de suelo en plantaciones de cacao y plátano en monocultivo, encontró que la ventaja que tiene el cultivo de plátano se debe al mayor contenido de P, K, Ca y Mg, y menor pH que en los suelos

de los otros sistemas; esto le permite tener mayores valores en el índice de calidad de suelo. En este mismo sentido indica, que los mayores contenidos de dichos nutrientes y menor pH en suelos cultivados bajo este sistema de plátano en monocultivo se explican por la aplicación de fertilizantes sintéticos como la fórmula completa y urea azufrada. Además, la aplicación de insecticidas (clorados fosforados y piretroides), como los que se aplican.

Cuadro V. ÍNDICES DE CALIDAD DE SUELO, EN TRES SISTEMAS DE USO DE SUELO EN LA COMUNIDAD DE LAS LAGUNAS. BUGABA. 2021.

INDICADORES	Índice de calidad de suelo					
	Parcela 1 Cultivo de plátano		Parcela 2 Cultivo intercalado		Parcela 3 SAF cacao con sombra	
	ICS	Clasificación	ICS	Clasificación	ICS	Clasificación
pH (H ₂ O) (1:2.5)	0.25	Baja calidad	0.18	Muy baja calidad	0.21	Baja calidad
Materia orgánica (MO) (%)	1.65	Exceso	1.25	Exceso	1.34	Exceso
P mg/L (ppm)	0.63	Alta calidad	1.08	Exceso	0.17	Muy baja calidad
Fe mg/L (ppm)	1.24	Exceso	1.39	Exceso	1.43	Exceso
Cu mg/L (ppm)	2.25	Exceso	2.5	Exceso	2.25	Exceso
Mn mg/L (ppm)	1.56	Exceso	1.15	Exceso	1.44	Exceso
Zn mg/L (ppm)	0.60	Alta calidad	0.40	Moderada calidad	0.28	Muy baja calidad
Al (Cmol kg ⁻¹)	0.25	Baja calidad	TRAZAS		0.25	Baja calidad
Ca (Cmol kg ⁻¹)	7.29	Exceso	5.35	Exceso	5.79	Exceso
Mg (Cmol kg ⁻¹)	6.18	Exceso	3.83	Exceso	6.38	Exceso
K (Cmol kg ⁻¹)	2.76	Exceso	5.16	Exceso	2.44	Exceso
N (%)	7.0	Exceso	5.83	Exceso	6.0	Exceso
Densidad aparente (g/cc) (0-5 cm)	0.55	Moderada calidad	0.7	Alta calidad	0.91	Muy alta calidad

4.3. Indicadores químicos

La evaluación de la calidad del suelo es indispensable para determinar si un sistema de manejo es sustentable, a corto y largo plazo (Doran et al., 1994). La productividad de un suelo, la cual se logra en gran parte a una buena fertilidad del suelo, por eso se debe dar igual importancia y atención al contenido de nutrientes y al pH, al igual que se hace con otros indicadores.

En la figura 4, se muestran los índices de calidad para pH, aluminio y fósforo. Los menores valores de pH y aluminio se explican por el material parental que caracteriza este orden de suelo, al comparar los contenidos de fósforo en los tres sistemas en estudio, el sistema de cultivos intercalados registra una clasificación de muy baja calidad, seguido por el sistema de monocultivo de plátano y finalmente el SAF de cacao, esto puede deberse a que en los dos primeros sistemas de acuerdo a la caracterización se utilizan insumos como fertilizantes, lo cual contribuye al aumento en sus contenidos.

Las características de estos suelos nos indica, que los contenidos en este caso están por encima de los valores registrados para este orden de suelo. Para el caso del SAF de cacao por su manejo orgánico se asemeja más a los valores esperados para los suelos de la región. De acuerdo con Isaacs et al (2007); Fassbender et al. (1991), la disponibilidad de fósforo puede ser menor en sistemas agroforestales que en monocultivos, pero esta es una limitante general en los suelos de agroecosistema tropicales, debido a la alta fijación de este nutriente en suelos ácidos; en otros suelos de sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica también se reportaron bajos contenidos de fósforo

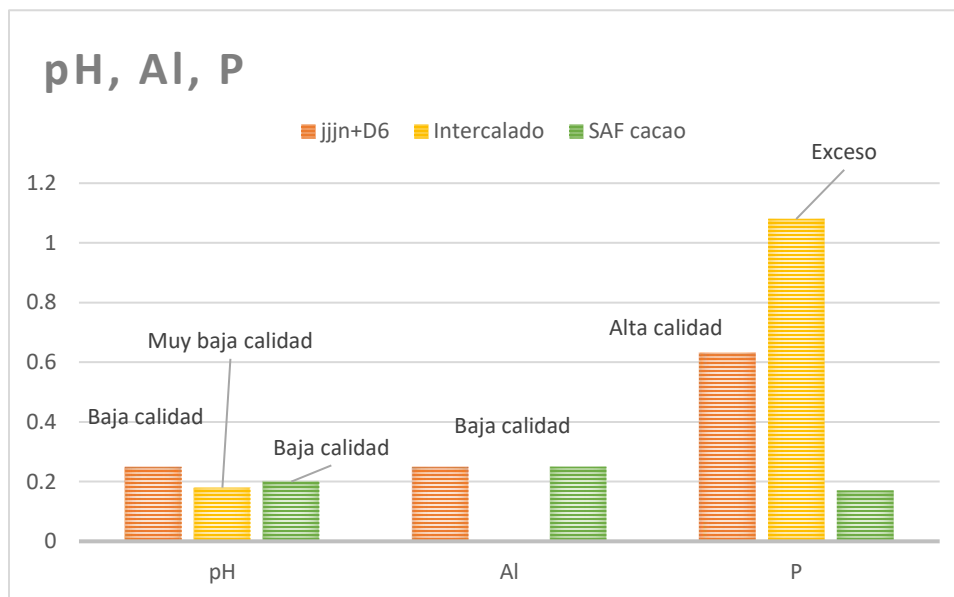


Figura 4. Valores de los indicadores de calidad de suelo para pH, fósforo y aluminio. Las Lagunas. 2021

Como se observa en la figura 5, los índices de calidad para calcio, magnesio y potasio alcanzan valores superiores a los establecidos como niveles críticos para nuestro estudio, clasificándose como en "exceso" esto guarda relación con el material originario de estos suelos. Lo que es reafirmado en investigación realizada por Villarreal (2013), con suelos del mismo orden sobre índice de calidad de suelos cultivados con banano en Panamá, donde reportó en los diferentes sitios del estudio altos contenidos de calcio, magnesio y potasio; el mismo autor presenta en el primer taller latinoamericano global soil map, en Brasil; mapa de fertilidad de suelos basado en función de niveles críticos para calcio, magnesio y potasio, en el que se aprecia para esta región occidental de la provincia de Chiriquí niveles altos para estos tres nutrimentos, (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, 2010)

De los tres sistemas estudiados los cultivos intercalados y el cultivo de plátano presentaron mayores valores que el SAF de cacao, incrementándose por las adiciones de fertilizantes sintéticos.

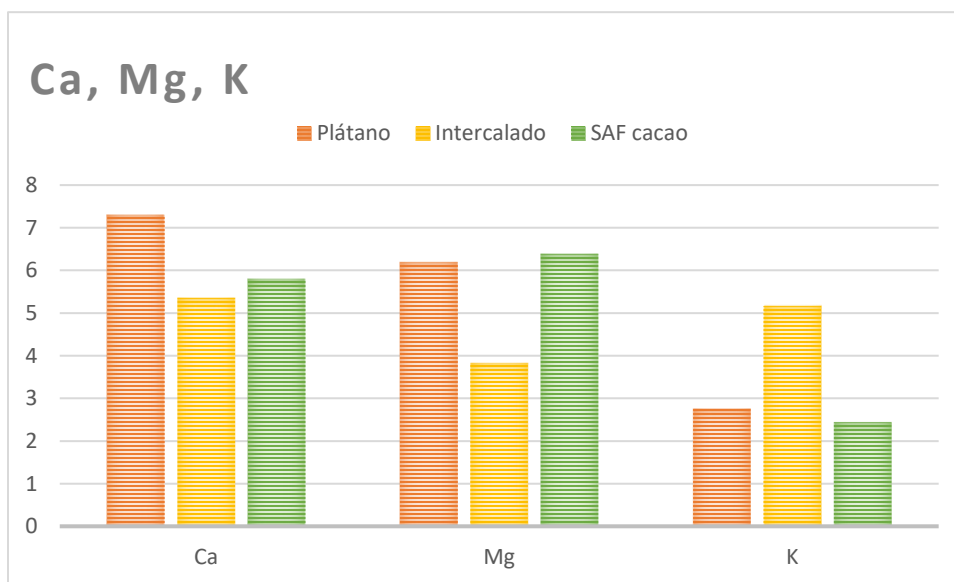


Figura 5. Valores de los indicadores de suelo para calcio, magnesio y potasio. Las Lagunas. 2021

Para los micronutrientes como hierro, cobre y manganeso, y de acuerdo con la escala de calidad de suelos para este estudio, los valores obtenidos se presentan en exceso; por encima del nivel crítico, esto es característico en estos suelos producto de alto contenido de materia orgánica que a su vez contribuye a la retención de humedad.

En este mismo sentido podemos observar que el sistema con el mayor valor de hierro lo fue el SAF – cacao, reafirmando lo encontrado ya que dentro del sistema hay una gran diversidad de especies arbóreas de sombra que contribuyen a la retención de humedad en el suelo por mayor tiempo, dando consigo probablemente procesos de reducción en la época lluviosa.

Para el caso del manganeso y cobre, los sistemas con niveles mayores lo fueron los sistemas de monocultivos de plátano y cultivos intercalados, atribuyéndose a la retención de agua y poco drenaje; otra entrada de estos micronutrientes al sistema se da por el uso de insumos (agroquímicos) cuya composición química son a base de estos elementos, contribuyendo al aumento de estos.

Mientras que el zinc en los tres sistemas obtuvo niveles críticos medios, correspondiendo según la escala de calidad de suelo, a clasificación entre alta calidad para el sistema de monocultivo de plátano a muy baja calidad para el SAF – cacao. Según Bordoli et al. (1998), en estudios realizados en el cultivo de soja encontraron que cuando el pH del suelo era ácido (menor a 5,3) la concentración de Zn en planta era muy alta comparada con un suelo más alcalino (pH mayor a 7,3) donde el contenido de nutriente en planta era muy bajo, lo que muestra que el cambio en el pH del suelo hace variar la disponibilidad de Zn.

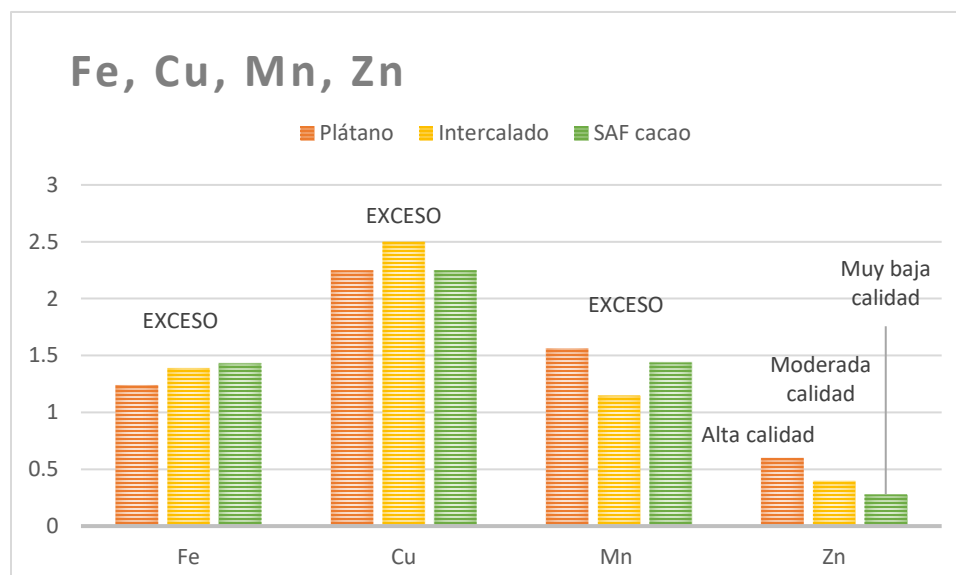


Figura 6. Valores de los indicadores de calidad de suelo para hierro, cobre, manganeso y zinc Las Lagunas. 2021

Para el indicador materia orgánica los valores fueron altos en los tres sistemas de uso de suelo evaluados, clasificándose como en exceso, el mayor valor de materia orgánica lo obtuvo el monocultivo de plátano como se aprecia en la figura 7.

Se podría decir, de acuerdo con Maldonado et al. (2006), que, en plantaciones de banano y plátano, los residuos vegetales después de una cosecha, ayudan a mantener la materia orgánica y protegen al suelo de la erosión.

El nitrógeno presentó valores altos en los tres sistemas de suelo estudiados, presentando un mayor valor el cultivo de plátano (Figura 7). De acuerdo con Gamarra *et al.* (2016), valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por los vegetales.

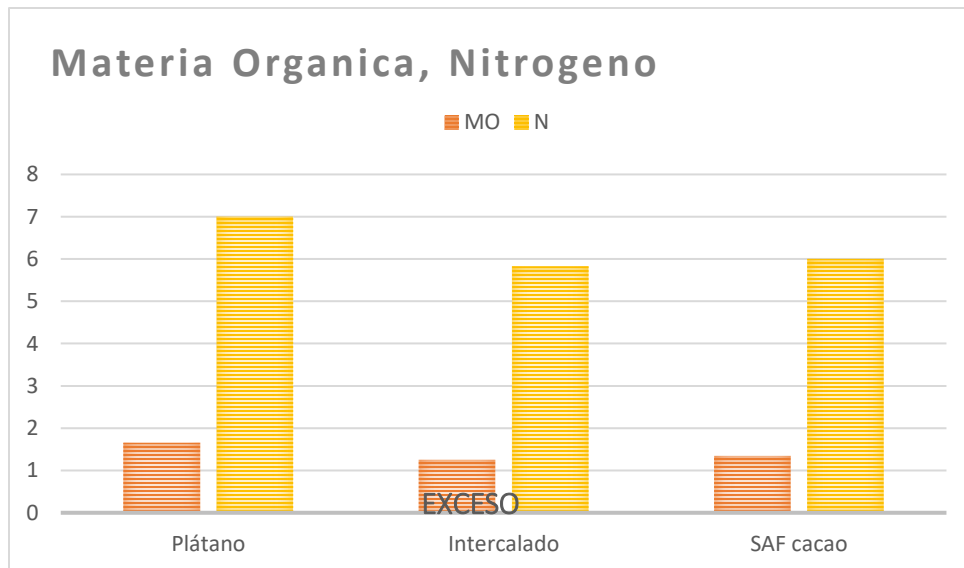
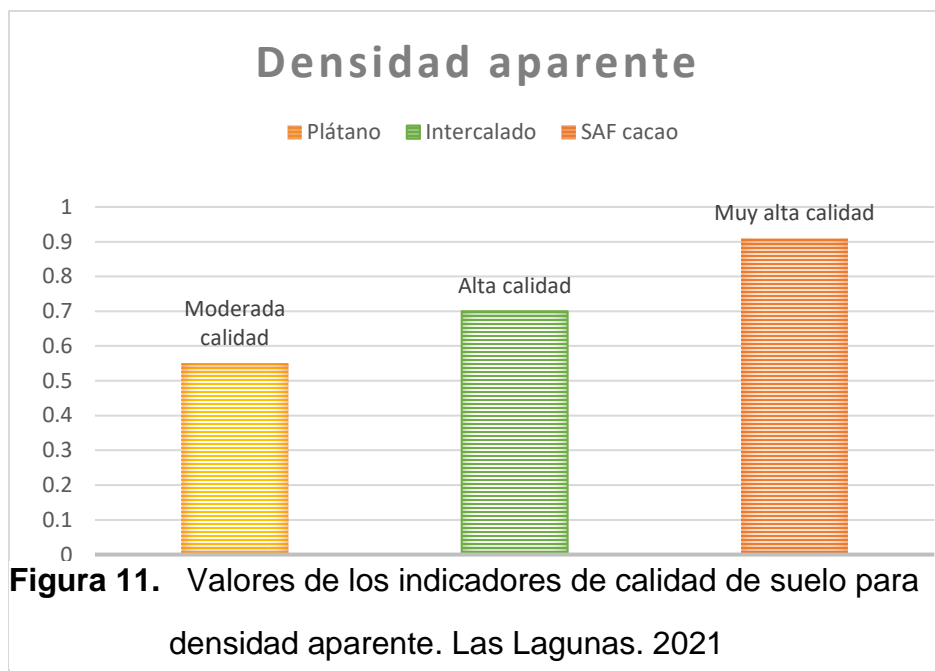


Figura 10. Valores de los indicadores de calidad de suelo para materia orgánica y nitrógeno. LAS LAGUNAS. 2021

4.4. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso, ya que no se pueden mejorar fácilmente (Singer y Ewing, 2000). Esta calidad no se puede medir directamente, pero se infiere a través de los indicadores de la calidad (estáticos o dinámicos) y de la medición de los atributos que están influenciados por el uso y las prácticas de manejo (Carter, 2002).

La densidad aparente es uno de los indicadores más importantes, útiles y utilizados en estudios de calidad de suelos, el índice de calidad de suelo de los tres sistemas estudiados presento una muy alta calidad para el SAF- cacao y moderada y alta calidad para el monocultivo de plátano y cultivos intercalados, esto se debe a los mayores porcentajes de materia orgánica presente en los tres sistemas estudiados ya que estos componentes están estrechamente correlacionados. (Figura 8)



5.0. CONCLUSIÓN.

- En base a valores obtenidos en el análisis de calidad de suelo, se cumple hipótesis de trabajo, debido a que muchos atributos evaluados se clasifican de niveles de “Exceso” en estos sistemas de uso de suelo, ya sea por la cantidad de insumos aplicados o naturaleza propia del material originario, se requiere desarrollar recomendaciones en cuanto a balance de bases y otros nutrimentos y de esta forma evitar antagonismos y problemas de sostenibilidad de los suelos.
- De acuerdo con la caracterización aplicada para los tres sistemas de uso de suelo las diferencias más importantes se dan en las prácticas de manejo que son más frecuentes e incluyen aplicación de insumos.
- El sistema de cacao con sombra tiene árboles que diversifican la producción, este sistema acumula gran cantidad de hojarasca sobre el suelo, pudiéndose considerar como orgánico, sin embargo, recibe algunas aplicaciones de fertilizantes y fungicidas para el control de las enfermedades.
- Para los indicadores físicos -químicos la parcela 1 y 2 (cultivo de plátano y cultivos intercalados) registraron los mayores contenidos de fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, nitrógeno, densidad aparente y mejor pH; en relación con el SAF de cacao. La densidad aparente para este sistema fue de muy alta calidad, siendo un sistema más orgánico y de mejor calidad de suelo.

- Los atributos seleccionados permitieron calcular los Índices de Calidad de suelo, correspondiéndole al sistema de cultivo de plátano un valor de 2.85, cultivo intercalado 2.55 y SAF cacao 2.54. esta valoración corresponde al conjunto de los indicadores químicos; registrando valores fuera de los límites considerados de acuerdo con la escala de clases de calidad de suelos establecida en este estudio.

6.0. RECOMENDACIONES

- En posteriores análisis de calidad de suelos, si se cuenta con los medios, sería recomendable determinar los indicadores biológicos, que podría ayudar a tener un análisis más completo y determinar sus correlaciones con otros indicadores.

7.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Acton, D. F., Gregorich L. J.. 1995. Understanding soil health. In: The Health of Our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada. Acton D. F. and L. J. Gregorich (eds) Centre for Land and Biological Resources Research. Ottawa, ON.Canada. pp: 5-10.

Álvarez, J. 2004. Guía Técnica para la identificación y caracterización de bananas y plátanos híbridos de la fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA). (En línea). Consultado el 20 de jun. de 2019. Disponible en: <https://www.ecured.cu/FHIA-21>

Arshad, M; Coen, G. 1992. Characterization of soil quality: physical and chemical criteria (En línea). Consultado el 16 de abr. de 2019. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-alternative-agriculture> c

Astier, M. et al. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*. 36 (5):605. 2002.

Batista, L. 2009. El Cultivo de Cacao. (En línea). Santo Domingo, Republica Dominicana. 63p. Consultado el 20 de jun 2019. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/1/?tab=rm&pli=1#inbox/FMfcgxwLtkPITSbPHvGsltJNGHTVJsFj?projector=1&messagePartId=0.4>

Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmmand, J. 2003. Servicios

ambientales de los Sistemas Agroforestales (En línea). Consultado el 13 de abr. de 2019. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45997086/Servicios_ambientales_de_los_sistemas_ag20160527-10997-17a1ahd.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1555376386&Signature=s9vo0Jug3RCt7IM3hzbUeZMEjvl%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DServicios_Ambientales_De_Los_Sistemas_Ag.pdf

- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 157 p.
- Bordoli, J; Mallarino, A. 1998. BORDOLI, J.; MALLARINO, A. 1998. Deep and shallow banding of phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. *Agronomy Journal*. 90: 27-33.
- Bremer, E; K. Ellert. 2004. Soil quality indicators: A review with implications for agricultural ecosystems in Alberta. Alberta Environmentally Sustainable Agriculture. Soil Quality Program. Alberta Agricultura, Food and Rural Development. Symbio AG Consulting. Lethbridge, Alberta. Canadá. 32 p
- Cantú, M. P., A. Becker, J.C. Bedano, y H. F. Schiviano. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices en la Pampa Argentina. *Ciencia Suelo*. 25: 173-178.
- Carter, R. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal*. 94:38. 2002

Castillo, C., Narváez, W & Habn-von, C., 2016. Agromorfología y usos del *Cajanus cajan* L. Millsp. (fabaceae). (En línea). Consultado el 07 de ene. de 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v20n1/v20n1a05.pdf>

Cerda, R. 2008. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el Valle de Talamanca, Costa Rica (en línea). Tesis. Magister. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Consultado el 23 de abr de 2020. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1822e/A1822e.pdf>

CONADES (Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible). Sf. Estrategia de Desarrollo Sostenible de la Provincia de Chiriquí. Análisis y diagnóstico Integrado. EPYCSA Sondear – BID – CONADES. 6p. Consultado el 7 de ene. de 2021. Disponible en: <https://www.conades.gob.pa/tmp/file/1361/EstrategiadeDesarrolloSostenibledechiriqui.pdf>

De Paul Obade, V., Lal, R. 2015. A standardizad soil quality index for diverrefield conditions. *Science of the Total Enviroment* 541: 424-434

Delgado L., 2017. Rendimiento del cultivo de haba verde (*Vicia faba* L.). (En línea). Consultado el 06 de ene. de 2021. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2758/Agdegala.pdf?sequence=1>

Diaz Romeu, R; Hunter A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, CR, CATIE. 68 p.

Domínguez M., 2005. Evaluación de la calidad de los suelos de laderas de

Nandaime, a través de la identificación y uso de indicadores técnicos y locales. (En línea). Consultado el 06 de en. de 2021. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp33d671.pdf>

Doran, J; Parkin; Ramírez. 1994. Definiendo la calidad del suelo para un medio ambiente sostenible (En línea). Consultado el 16 de dic. de 2020. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015008223>

Estrada, R. Hidalgo, C. Guzman, R. Almaraz, J. Navarro, H. Etchevers, J. 2017. Indicadores de Calidad de Suelo para Evaluar su Fertilidad (En línea). Revista Agrociencia 51 (8): 8p. Consultado el 21 de feb de 2021. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/FMfcgxwLtkPITSbPHvGsltJNGHTVJsfj?projector=1&messagePartId=0.4>

ETESA. (Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A). 2019. Hidrometeorología Etesa. (En línea). Consultado el 25 de oct de 2019. Disponible en: <https://www.hidromet.com.pa/es/>

Fassbender, HW; Beer, J; Heuvelop, J; Imback, A; Enriquez, G; Bonnemann, A. 1991. Ten-year balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. Forest Ecology and Management 45:173–183.

Gallopín, G. 1997. Indicadores y su uso: información para la toma de decisiones. (En línea). Consultado el 20 de en. de 2020. Disponible en: <http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/356>

Gamarra, C; Díaz, M; Ortiz, M; Galeano, M; Cabrera, A. 2016. Relación Carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco Paraguayo (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 9 (46): 7. Consultado el 16

de may de 2021. Disponible en:
<https://mail.google.com/mail/u/1/?pli=1#inbox/FMfcgxwLtkPITSbPHvGsltJNGHTVJsfi?projector=1&messagePartId=0.4>

García, C; Hernández, T. 2003. Introducción. In García, C; Gil, F; Hernández, T; Trasar, C. eds. Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos de Suelos: Medidas de actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana. Madrid, ES, Mundi-Prensa. p. 7-21

González, J. 2018. El Cultivo del Cacao (En línea). Consultado el 16 de abril de 2019. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-cacao/>

Google Earth. 2020. Santo Domingo, Las Lagunas, Bugaba Consultado 18 de may del 2019. Disponible en: <https://www.google.com/earth/>

Havlin, J. L.; Beaton, J.D.; Tisdale, S.L.; Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management. 6. ed. Upper Saddle River (Estados Unidos), Prentice Hall. 499 p

Henríquez, C; Calbalceta, G. 1999. Guía Práctica Para el Estudio Introductorio De Los Suelos Con Un Enfoque Agrícola. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 112 p

Info Agro. Sf. Cultivo de Haba. (En línea). Consultado el 04 de abril de 2021. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/haba.htm>

IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). (2010). 1er Taller Latinoamericano Globalsoilmap.net. Atlas de suelos de Latinoamerica. Brasil. 42p (en línea). Consultado el 2 de jul de 2020. Disponible en:

<http://www.idiap.gob.pa/2020/10/26/iii-taller-de-la-alianza-mundial-del-suelo-se-realiza-en-panama-formato-virtual/>

Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. ICAMEX (2004). Usos alternativos del cultivo del haba. Tecnología de producción de haba para la región centro. México. 37p

Isaac, ME; Timmer, VR; Quashie-Sam, SJ. 2007. Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. Nutrient cycling in agroecosystems. Volume 78, Number 2, 155-165.

Jiménez Burgos, JM. 1987. Interacción entre la fertilización nitrogenada y el espaciamiento y su efecto sobre el crecimiento y la producción del ñame (*Dioscorea trifida* L.). Tesis Lic. Ing. Agr. Heredia. CR. 108p.

Karlen, D.L., Maubach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., 1997. Soil Quality: A concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61, 4-10.

Larson W; Pierce F. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In: Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. International Board for Soil Resources and Management (IBSRAM) Proc.12 (2). Bangkok, Thailand. pp: 175-203. Liu, Z., W. Zhou, J. Shen, S. Li, and C. Ai. 2013. Soil quality assessment of yellow clayey paddy soils with different productivity. Biol. Fert. Soils 50: 537-548.

Matthews. E. D.; Guzmán L. E.; Hansen. D. E. 1960. Clasificación agrológica, capacidad de las tierras y agricultura del suroeste de la provincia de Chiriquí. Servicio Interamericano de Cooperación Agrícola en Panamá.

United States of América Operations Mission to Panamá. Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias. República de Panamá. 135p.

Maldonado, F; Jasso, J; Palma-López, D; Salgado, S; González, V. 2006.

Dinámica de materia orgánica, P y K en suelos de sistemas agroforestales “cedro-plátano” en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(3):223-230.

Ministerio de Ambiente. 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. (En línea). Consultado el 7 de jul de 2019. Disponible en: www.miambiente.gob.pa/images/stories/BibliotecaVirtualImg/AtlasAmbiental.pdf

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2019. Cierre año agrícola 2018-2019 (En línea). Consultado el 10 de dic. de 2020. Disponible en: https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/cierre___2018-2019_ok.pdf

MAG.(Ministerio de Agricultura y Ganadería, Republica de Costa Rica). 2007. EL ÑAMPÍ (*Colocasia* *suculenta*) UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y ALIMENTICIA. (En línea). Consultado el 10 de mar. de 2021. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10111.pdf>

Montaldo, A. 1991. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2 ed. rev. San José, Costa Rica. 407p.

Navarrete, A., Correa G., López J. & Rodríguez L. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. (En línea). Consultado el 06 de en. de 2021. Disponible en: <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n80ne/suelo.pdf>

- Nortcliff, S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 161-168
- Nuñez, J. 1946. Fundamentos de Edafología. (En línea). Consultado el 20 de jun. de 2019. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1825.PDF>
- Pieri, C. 1989. Fertilité des Terres de Savanes. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT. Paris, Francia. pp: 33-60.
- Singer, M; Ewing, S. 2000. Handbook of soil science. (En línea). Consultado el 20 de en. de 2020. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001
- Smith, J; Liburd, O. 2011. Cultivos en asocio, diversidad de cultivos y manejo integrado de plagas. (En línea). Consultado el 21 de jun. de 2019. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/in/in93200.pdf>
- Villarreal, J. 2013. Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá. (En línea) Consultado el 18 de mar. de 2021. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000200007
- Wilson, M. 2017. Manual de Indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. (En línea). Consultado el 24 de jun. de 2019. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf

ANEXOS

Anexo 1.

Formato de encuesta.

Universidad de Panamá

Facultad de Ciencias Agropecuarias
Encuesta Caracterización de los Sistemas de Cultivos

Fecha: _____ Nombre del encuestador: _____
Nombre del propietario de la finca: _____ Comunidad: _____
Área total de la finca: _____ ha
¿Pertenece a alguna asociación de productores? SI: __ NO: __ ¿Cuál? _____

SISTEMA EVALUADO: _____ Área: _____ ha Variedad del cultivo: _____
Distancia de siembra: _____ Edad: _____

HISTORIAL DEL SISTEMA EVALUADO

¿Cómo habilitó el terreno para la siembra? _____
¿Aplicaba agroquímicos? SI __ NO __ ¿Cuáles? _____

Historial del uso de suelo

Años	Cultivo	Años	Cultivo	Años	Cultivo

PRINCIPALES PROBLEMAS PARA LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO

- 1.
- 2.

MANEJO DEL SISTEMA

Práctica	Frecuencia	Meses	Insumos	Dosis	Forma de Aplicación

Quién lo maneja: el dueño _____ otro (s): _____

PLAGAS Y/O ENFERMEDADES EN EL CULTIVO

Plaga o Enfermedad	Que parte de la planta afecta	En qué meses hay mayor incidencia	Controla SI/NO ¿Cómo?

RENDIMIENTOS

Rendimiento de la última cosecha (año pasado): _____

Cuánto fue el rendimiento más bajo: _____

Cuánto fue el rendimiento más alto: _____

Cuánto es el rendimiento más frecuente: _____

INFORMACIÓN SOBRE EL CONOCIMIENTO DE SUS SUELOS

¿Considera que su suelo es bueno? SI __ NO __

Partes buenas: _____

Partes malas: _____

¿Cuáles cree que son las principales limitantes de su suelo?

¿Hace labores de conservación o mejoramiento de suelos? SI __ NO __ ¿Cuáles?

¿Hizo análisis de sus suelos? SI __ NO __ ¿cuándo? _____ ¿Considera que los árboles de sombra son buenos para el suelo? SI __ NO __

Anexo 2. Indicadores físico - químico del suelo. Las Lagunas, Distrito de Bugaba. 2021.

Indicadores (0-20 cm)	Análisis físico - químico		
	Parcela 1 Cultivo de plátano	Parcela 2 Cultivo intercalado	Parcela 3 SAF cacao con sombra
Textura	Franca	Franco Arcilla	Franco Arcilla
pH (1:2.5)	5.37	5.27	5.31
P (ppm)	39	60	18
K (ppm)	321	555	289
Na (ppm)	26	26	30
Fe (ppm)	86	93	95
Cu (ppm)	11	12	11
Mn (ppm)	68	54	64
Zn (ppm)	10	8	5
Ca (meq/100g)	23.88	18.04	19.37
Mg (meq/100g)	6.16	4.05	6.34
Acidez (meq/100g)	0.7	0.8	0.4
Al (meq/100g)	0	0.6	0
Mat. Org. (%)	8.61	7.02	7.34
N (%)	0.50	0.43	0.44
Densidad aparente (g/cc) (0-5 cm)	1.02	1.08	Sombra árbol 0.85 Cultivo de cacao 0.97