



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS



ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN LA FINCA “JUAN CARABALLO CALDERIN”, SECTOR EL CARDÓN, MUNICIPIO ANTOLÍN DEL CAMPO, ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA COMO HERRAMIENTA PARA LA PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES AGROTURÍSTICAS.

Trabajo de ascenso presentado para optar a la categoría de profesor Asistente

Autor (a):

Adhonay Ramírez Padilla

Caracas, Enero de 2020



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
CONSEJO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
NÚCLEO UNIVERSITARIO "RAFAEL RANGEL"
CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO
INTEGRAL SUSTENTABLE (CIDIS)
MAESTRÍA EN DESARROLLO REGIONAL



APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de tutor del trabajo de grado titulado "ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN LA FINCA "JUAN CARABALLO CALDERIN", SECTOR EL CARDÓN, MUNICIPIO ANTOLÍN DEL CAMPO, ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA COMO HERRAMIENTA PARA LA PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES AGROTURÍSTICAS" para optar al título de Magister Scientiae en Desarrollo Regional, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a consideración, presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Trujillo, a los ocho días del mes de Noviembre de dos mil diecinueve.

Dr. Orlando González

C. I. N° 5.406.607

ACTA VEREDICTO

* El día doce de Diciembre de dos mil diecinueve, se reunieron en el Laboratorio de Investigación de Suelos del Núcleo Universitario "Rafael Rangel" de la Universidad de Los Andes en Trujillo, los Profesores: **Dr. Orlando González (Tutor)**, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, UPEL-Caracas; **Msc. José Gregorio Mendoza (Jurado Evaluador)**, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", ULA-Trujillo y **Msc. Jesús Matheus (Jurado Evaluador)**, Universidad de Los Andes, ULA-Trujillo. El objetivo de la reunión fue oír y evaluar la defensa pública del Trabajo de Grado titulado "**ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN LA FINCA "JUAN CARABALLO CALDERIN", SECTOR EL CARDÓN, MUNICIPIO ANTOLÍN DEL CAMPO, ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA COMO HERRAMIENTA PARA LA PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES AGROTURÍSTICAS**" presentado por la Profa. Adhonay Ramírez Padilla, portador de la Cédula de Identidad No. V.-19.334.062, para optar al grado de **MAGÍSTER SCIENTIAE EN DESARROLLO REGIONAL** de la Universidad de Los Andes.

Oída la exposición de la candidata y discutida suficientemente, el Jurado decidió **APROBAR CON MENCIÓN PUBLICACION.**

En consecuencia, se firman diez (10) ejemplares de esta misma Acta, en Trujillo a los doce días del mes de Noviembre del año dos mil diecinueve.

VA SIN ENMIENDA


Msc. Jesús Matheus
C.I: 5.101.064
Jurado Evaluador


Dr. Orlando González
C.I: 5.406.607
Tutor


Msc. José Gregorio Mendoza
C.I: 6.911.417
Jurado Evaluador



ÍNDICE GENERAL

	pp.
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
El Problema.....	3
Objetivos de la Investigación.....	9
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos.....	9
Justificación e Importancia.....	9
II. MARCO TEÓRICO	
Antecedentes de la Investigación.....	12
Bases Teóricas.....	15
El suelo como sistema.....	15
Fertilidad del Suelo.....	17
Agroturismo.....	18
Sistemas de Información Geográfica.....	19
III. MARCO METODOLÓGICO	
Paradigma de la Investigación.....	21
Tipo y diseño de Investigación.....	22
Fases de la Investigación.....	23
Fase de oficina.....	23
Fase de campo.....	24
Métodos y técnicas de muestreo de suelos.....	24
Fase de laboratorio.....	30
Medidas para asegurar la calidad del muestreo.....	30

Análisis Físicos.....	30
Color.....	30
Estructura del suelo.....	31
Consistencia.....	32
Método del hidrómetro Bouyoucos (1962).....	32
Análisis Químicos.....	34
El pH del suelo.....	34
Materia	34
Orgánica.....	
Fósforo Disponible en el Suelo.....	37
Capacidad de intercambio catiónico.....	38
Cálculo de la apreciación de la fertilidad de los suelos.....	40
Elaboración de cartografía digital.....	41
Análisis estadístico univariado y multivariado.....	42
IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	
Caracterización Físico-Geográfica de la finca “Juan Caraballo Calderín”.....	43
Geomorfología.....	45
Geología.....	46
Suelo.....	48
Clima.....	49
Vegetación.....	51
Hidrografía.....	53
Propiedades	54
Físicas.....	
Textura.....	54
Color.....	57
Estructura.....	59
Consistencia.....	61
Propiedades Químicas.....	63
pH.....	64

Materia Orgánica.....	67
Nitrógeno.....	69
Relación Carbono/Nitrógeno.....	71
Fósforo.....	72
Capacidad de Intercambio Catiónico.....	74
Saturación de Bases.....	77
Cationes Intercambiables.....	79
Apreciación de la Fertilidad de los suelos.....	83
Correlaciones significativas entre Propiedades Químicas.....	87
Potencial Uso Agroturístico de la finca “Juan Caraballo Calderín”.....	89
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS.....	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	pp.
1. Equipo de muestreo de suelo.....	26
2. Ubicación geográfica de las muestras de suelo.....	28
3. Puntaje y apreciación de la fertilidad de suelos.....	41
4. Textura de las muestras de suelo del área de estudio.....	55
5. Propiedades físicas cualitativas de los suelos estudiados.....	56
6. Propiedades químicas de los suelos estudiados.....	63
7. Estadística descriptiva de las propiedades químicas del suelo.....	64
8. Relación entre los valores de CIC/textura y CIC/materia orgánica.....	76
9. Porcentaje de saturación de los cationes de cambio.....	79
10. Valores de la apreciación de la fertilidad.....	83
11. Correlaciones significativas entre propiedades químicas.....	87
12. Temas y atributos propuestos para identificar el potencial agroturístico del municipio Antolín del campo donde se ubica la finca de estudio.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	pp.
1. Recorrido por el área de estudio.....	24
2. Profundidad de muestreo.....	25
3. Áreas con limitaciones para la recolección de muestras.....	26
4. Muestreo no probabilístico y extracción de las submuestras.....	27
5. Extracción y mezcla de las submuestras.....	27
6. Método del cuarteo para homogenizar la muestra compuesta.....	28
7. Mapa del área de muestreo.....	29
8. Muestras de suelo secas y separadas con el tamiz N°80.....	30
9. Determinación del Color.....	31
10. Determinación de la estructura.....	32
11. Determinación de la consistencia.....	32
12. Pesaje de la muestra y mezcla en la batidora.....	33
13. Agitación de la suspensión. Medición con el hidrómetro.....	33
14. Medición de pH en agua de las muestras de suelo.....	34
15. Medición de materia orgánica en las muestras de suelo.....	35
16. Medición de materia orgánica en en espectrofotómetro UV-Visible.....	35
17. Curva de calibración de carbono orgánico.....	36
18. Medición de fósforo método de Olsen (1964).....	37
18. Curva de calibración de Fósforo.....	38
19. Medición de la Capacidad de Intercambio Catiónico en las muestras.....	39
20. Curva de calibración de los cationes medidos en absorción atómica.....	40
21. Localización del área de estudio.....	44
22. Mapa de Pendiente Regional del área de estudio, sector El Cardón.....	46
23. Geología y minería de los depósitos de Magnesita de la Isla de Margarita...	48
24. Precipitación de la Isla de Margarita.....	50
25. Temperatura de la Isla de Margarita.....	50
26. Vegetación presente en el sector El Cardón.....	52

Figura	pp.
27. Quebradas intermitentes presentes en el sector El Cardón.....	53
28. Coloraciones de las muestras de suelos secas.....	58
29. A, B, C Y D: Estructura Subangular de grado moderado.....	61
30. Contenidos de Cationes intercambiables Ca, Mg, K y Na del suelo.....	80
31. Mapa de apreciación de la fertilidad de los suelos de la finca.....	84
32. Uso potencial agroturístico de la finca “Juan Caraballo Calderín”.....	96



ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN LA FINCA “JUAN CARABALLO CALDERIN”, SECTOR EL CARDÓN, MUNICIPIO ANTOLÍN DEL CAMPO, ESTADO NUEVA ESPARTA, COMO HERRAMIENTA PARA LA PROMOCIÓN DE ACTIVIDADES AGROTURÍSTICAS.

Autor: Adhonay Ramírez P.

Fecha: Enero de 2020

RESUMEN:

Se realizó un análisis de fertilidad de los suelos de la finca “Juan Caraballo Calderín con la finalidad de conocer el comportamiento general de los elementos nutritivos y determinar el uso potencial agroturístico de la finca. Para tal fin, se recolectaron por medio de un muestreo no probabilístico 16 muestras en un área aproximada de 5 hectareas a una profundidad de 0-20 cm. Se determinaron propiedades físicas de los suelos como textura, color, estructura, consistencia, y químicas pH, MOS, CO, N, P, CIC, BT, %SB, CIC. Posteriormente, se determinaron las características de fertilidad, aplicando la ‘Tabla de Fertilidad de Suelos’ adoptada por el Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” de Colombia (1979). Los resultados sugieren que las características de aridez y la litología que aflora en el área de estudio está determinando la concentración de los elementos nutritivos del suelo. Las propiedades físicas se encuentran altamente condicionadas por la formación Falca generando suelos arenosos, con estructuras parcialmente formadas y la consistencia adecuada para el desarrollo físico de las raíces. De las propiedades químicas el pH en promedio es casi neutro, los contenidos de MOS, CO y N oscilan entre bajo y medianos, la CIC en todas las muestras mantiene niveles bajos, guardando relación con que los suelos se encuentran desaturados debido a que los cationes cambiabiles Mg, Na, Ca, y K, presentan valores relativamente bajos y medios. Dichas propiedades generaron dos zonas de fertilidad muy bajas y bajas condicionadas por la presencia de islas de fertilidad. Se confirmaron algunas correlaciones significativas teóricas entre propiedades químicas tales como MOS, CO, N, CIC, BT, %SB, Mg y Na. Por último se estableció el uso potencial agroturístico de la finca tomando en cuenta los análisis realizados y un estudio situacional (matriz FODA) determinando áreas de infraestructuras, explotación agrícola y recreacional.

Descriptores: Fertilidad de suelos, agroturismo, sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El término “Desarrollo” es definido de diversas maneras dependiendo del área donde se involucre, asumiendo un sentido positivo en sus diferentes concepciones, porque todo ser vivo evoluciona debido a las transformaciones a las cuales está sujeto. El Desarrollo es un tema de interés universal tanto en comunidades científicas como en sociedades, por eso, hoy por hoy existen diversos estudios referentes al tema. Según Bertoni y colaboradores (2011) el desarrollo “es utilizado para definir el proceso que habilita cambios orientados a mejorar las condiciones de vida humana”. Por tal razón, no se refiere solamente a una dimensión, sino que abarca de manera integral todas las dimensiones que conforman al ser humano. Fundamentalmente, se entiende como la evolución, cambio o crecimiento de un objeto, una persona o una situación determinada, aplicándose también a situaciones que afectan a un conjunto de aspectos, por ejemplo el Desarrollo Sustentable.

El Desarrollo Sustentable requiere de un manejo eficiente de los recursos naturales, humanos, sociales, económicos y tecnológicos, con el fin de alcanzar una mejor calidad de vida para la población y, al mismo tiempo, velar porque los patrones de consumo actual no afecten el bienestar de las generaciones futuras. La Organización de las Naciones Unidas (1987), definió el desarrollo sustentable como el "desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades". Dependiendo de las prioridades asignadas por los gobiernos, las empresas y la población en su conjunto, cada país aplicará sus propias estrategias para alcanzar el desarrollo sustentable.

La sustentabilidad implica avanzar simultáneamente en cinco dimensiones: económica, humana, ambiental, institucional y tecnológica. Las características de este proceso serán diferentes dependiendo de la situación específica en que se encuentre

un determinado país, región o localidad. Por tal motivo, el Desarrollo Regional es una herramienta para el Desarrollo Sustentable, permitiendo el crecimiento y cambio estructural mediante la utilización del potencial de desarrollo existente en el territorio, conduciendo a elevar el bienestar de la población de una localidad o región (Vázquez, 2000).

Para Díaz y Ascoli (2006) “El Desarrollo Local se refiere a una localidad, a un marco territorial determinado, a un ámbito territorial inmediato, donde se impulsan procesos de cambio para el mejoramiento del bienestar colectivo”. Dentro del concepto de "Desarrollo Regional", el ser humano no es mencionado de manera explícita, a pesar de que es el impulsor de las actividades económicas y la región es el escenario donde las plasma. Para que los recursos naturales de una región puedan ser aprovechados de manera eficiente, los individuos deben tener la capacidad técnica para desarrollar la región con los recursos naturales disponibles y así lograr el avance de la localidad. Una región no puede desarrollarse por sí misma sin el ser humano que utilice de manera adecuada sus recursos, es por ello, que el crecimiento y el desarrollo de una región dependen de la cantidad y de la capacidad de manejo de los recursos.

En los últimos años la protección y conservación del ambiente se ha vuelto una prioridad a nivel mundial, pues los recursos naturales son la mayor riqueza con la que cuenta la humanidad. Ante esta situación, cada vez es más urgente que la utilización de los recursos naturales se dé en el marco del desarrollo sustentable, concepto que, además de sustentabilidad ambiental, involucra la satisfacción equitativa de las necesidades del hombre.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

EL PROBLEMA

Los suelos son fundamentales para el desarrollo sustentable, la conservación de los ecosistemas y sobre todo para la seguridad alimentaria, por tal motivo, son esenciales para sustentar la vida en la Tierra (FAO, 2015). Los suelos, son recursos de gran importancia ecológica para la sustentabilidad del planeta Tierra, debido a sus funciones como subsistema y a las relaciones o interacciones que el mismo mantiene con otros subsistemas de la Tierra, tales como la Atmósfera, Litosfera, Hidrosfera y Biosfera. Estas relaciones o interacciones se pueden evidenciar según Delgado y Casanova (2011), en la sustitución de nutrientes y agua para los cultivos, en el mantenimiento de la cadena biótica o trófica, y diversidad biológica en el suelo, en el balance energético del planeta, en el mantenimiento de la calidad de las fuentes de agua, y por último, como medio de soporte físico para el cultivo. Sin embargo, el suelo a pesar de ser considerado un recurso renovable, presenta un proceso de regeneración de nutrientes muy lento, y también, existen pérdidas de nutrientes por el clima y la práctica agrícola utilizada (Mireles, 2015).

Actualmente, algunos países han modificado sus modos de desarrollo con un enfoque más ecológico, basándose en un crecimiento socialmente justo y económicamente viable compatible con el equilibrio ambiental. En Venezuela, la Ley Orgánica del Ambiente (2006) en su artículo 50 menciona que: “El aprovechamiento de los recursos naturales y de la diversidad biológica debe hacerse de manera que garantice su sustentabilidad”. En el caso de los suelos se deben desarrollar estrategias y técnicas que permitan la sustentabilidad del mismo, aplicando métodos apropiados

para el manejo de los suelos que ayuden a invertir la pérdida de fertilidad natural, permitiendo a su vez el aumento de la producción.

Por tal razón, se deben generar lineamientos para el desarrollo rural integral y sustentable; para lograr por este medio el desarrollo de la humanidad y el crecimiento económico del sector agrario, permitiendo la biodiversidad, la seguridad agroalimentaria y la vigencia efectiva de los derechos de protección ambiental y agroalimentario de la presente y futuras generaciones (Ley de Tierras y Desarrollo Agrario, 2010).

El suelo juega un papel fundamental en el logro de la sustentabilidad, Delgado y Casanova (2011), definen; “el rol que se le da al suelo de acuerdo a sus capacidades, características, o atributos que posee y procesos que se desarrollan en él, que pueden ser modificables o alterables por condiciones de manejo”. Es decir, el suelo de manera natural posee particularidades que le permite regular y transformar los desequilibrios ambientales que puedan existir en algunos de los subsistemas del planeta Tierra, siempre y cuando no existan procesos de alteración o modificación por parte del ser humano que perturben su equilibrio natural. González (2015) expresa que el suelo “Es vital, ya que el ser humano depende de él, y en este se apoyan con la nutrición de las plantas en su crecimiento y condiciona, por lo tanto, todo el desarrollo del ecosistema.”

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) en su Artículo 128 explica que: El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana”. Es decir, estudiando la interacción de los elementos naturales entre sí se logra una comprensión de la problemática ambiental, para aclarar los elementos que afectan el equilibrio de los ecosistemas.

Los suelos a pesar de ser uno de los ecosistemas más importantes para la actividad agrícola, ya que hacen posible la producción de alimentos para el ser humano, cada vez se hacen más insuficientes debido a los constantes procesos de degradación y destrucción, originando limitaciones en cuanto a su fertilidad. La FAO (2015) menciona que “La tasa actual de degradación del suelo amenaza la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades, a menos que podamos invertir esta tendencia a través de un esfuerzo concertado para su gestión sostenible”.

Igualmente, la FAO (2015) explica que una de las principales causas en América Latina de la pérdida de fertilidad de los suelos tiene su origen en la deforestación para la conversión de terrenos hacia usos agropecuarios. Igualmente, la sobre-explotación de la capacidad del uso de las tierras, y las prácticas de manejo de fertilidad del suelo inadecuadas ocasionan desequilibrios en las diversas propiedades de los suelos. En gran medida, este deterioro se encuentra asociado a la falta de conocimiento sobre el papel ambiental que juega el suelo, así como de los límites para su aprovechamiento en función de sus aptitudes y acerca de las técnicas apropiadas para que pueda ser sustentable. Por su parte, Sánchez, Hernández y Ruz (2011) explican que, de acuerdo con los datos del Instituto de Suelos de Cuba, es importante adoptar alternativas agroecológicas para acometer de forma gradual acciones que minimicen y brinden soluciones a corto, mediano y largo plazo, ya que el 69,6% de los suelos con problemas de fertilidad tienen bajo contenido de materia orgánica, lo cual limita su productividad.

La fertilidad del suelo es considerada un factor de crecimiento y es definida como el potencial que tiene un suelo para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen crecimiento y rendimiento de las plantas (Casanova, 2005). Del mismo modo, Matheus, Santos-Osechas, Briceño, Simancas y Montilla (2017) consideran la fertilidad del suelo como; “la aptitud para suministrar de manera adecuada y oportuna las condiciones químicas, físicas y biológicas necesarias para el completo desarrollo y expresión genética de las plantas u organismos que en él se desarrollen.” Es decir, los suelos con baja fertilidad

debido a la escasez de nutrientes y excesiva acidez, no presentan condiciones óptimas para la producción de cultivos, y los rendimientos de los mismos serán bajos, agotándose a corto plazo si no se corrigen dichas limitaciones a través de las enmiendas, comprometiendo la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria.

Específicamente, en Venezuela existe una mayor predominancia de los órdenes Ultisol y Oxisol según la taxonomía de suelos (Soil Taxonomy) trayendo como limitante, la acidez de los suelos y en consecuencia afecta su fertilidad. Del mismo modo, Rey (2015) menciona que alrededor del 32% de la superficie nacional presenta baja fertilidad concentrándose principalmente en los Llanos Centrales y Orientales, así como también en la región Sur del país.

Las zonas costeras del país son áreas con altos índices de aridez y presentan problemas como: “una fuerte erosión, gran proporción de áreas con relieve accidentado y suelos en áreas planas con altos contenidos de arcilla y/o sales Rey (2015). Sin embargo, para lograr la producción agrícola en estas áreas se pueden realizar diversas enmiendas de fertilización para aumentar la productividad del suelo, sin generar alteraciones del suelo. Igualmente, se deben considerar soluciones que impliquen una acción inmediata y también métodos de prevención para impedir mayor deterioro futuro. Por ello, se deben tomar en cuenta los principios del desarrollo sustentable, los cuales deben velar por mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, generar acciones directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales.

Uno de los métodos iniciales que contribuye a disminuir los problemas en el deterioro del recurso suelo es el diagnóstico de fertilidad, ya que permite detectar los problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización. Mireles (2015) menciona que: “El análisis periódico de los nutrientes de suelos con fines de fertilidad permite diagnosticar y evidenciarlas deficiencias nutricionales, para abordarlas a tiempo con buenas prácticas de manejo y una adecuada fertilización”.

Del mismo modo, El diagnóstico de suelos cumple con dos funciones básicas según el Instituto de la Potasa y el Fosfato (1997):

“a) indica los niveles nutricionales en el suelo y por lo tanto es útil para desarrollar un programa de fertilización. b) Sirve para monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo que ocurren como consecuencia de la explotación agrícola y los efectos residuales de la aplicación de fertilizantes.”

En consecuencia, el diagnóstico de fertilidad de los suelos es una herramienta muy importante para la elaboración de una recomendación de fertilización, permitiendo la cuantificación de la oferta de nutrientes del suelo. Bastidas (2000) menciona que los estudios realizados desde 1974 concuerdan en destacar la importancia de la aplicación y desarrollo de diagnósticos para contribuir a la caracterización de los suelos y a visualizar el comportamiento de la fertilidad de los mismos. López, Rodríguez y España (2010) mencionan que las investigaciones sobre fertilidad de los suelos realizados en Venezuela se han desarrollado para determinar principalmente los tipos de fertilizantes y las cantidades apropiadas a utilizar en función de la fertilidad de los suelos.

Desde otro punto de vista el análisis de suelos constituye una fuente directa de información que permite la identificación de potencialidades para la toma de decisiones acerca de futuras estrategias agroturísticas. En términos muy generales, el agroturismo es aquel que ofrece al turista la posibilidad de conocer y experimentar de manera directa los procesos de producción de una finca agropecuaria (Blanco y Riveros, 2010). El agroturismo es una alternativa que permite integrar de manera coherente los intereses agrarios y la protección del medio ambiente, a través de una gestión integrada del territorio y del ambiente para beneficio de la colectividad (Sayadi y Calatrava, 1997).

A pesar de la importancia del diagnóstico de suelos muchos productores no realizan los análisis porque dentro de las prácticas culturales no está revisar la fertilidad de sus suelos, no tienen acceso oportuno a un laboratorio confiable o

sencillamente prefieren no realizarlos por los elevados costos de los análisis. Sin embargo, las diversas restricciones para conocer el estado nutricional del suelo no han sido limitantes para algunos productores que desean conocer mediante la implementación del diagnóstico las características de fertilidad de sus suelos para alcanzar una producción limpia y con mayores resultados.

En definitiva, el análisis de suelos constituye el punto de partida para dar un uso adecuado al espacio y a los recursos naturales definiendo actividades agroturísticas de acuerdo a las condiciones del terreno. Por tal motivo, las actividades agroturísticas deberían ser trabajadas de acuerdo a las limitaciones y al potencial del suelo, agua, clima economía local, sin dejar a un lado la historia tradicional de los productores, reconociendo que la producción orgánica ha tenido sus mayores rendimientos gracias a las iniciativas de pequeños productores, tomando en cuenta la visión de que la investigación que se realiza a nivel de centros académicos puede tener mayor valor y capacidad para aportar al desarrollo tecnológico de una finca evitando la degradación de los suelos y al mismo tiempo respondiendo a la producción sustentable.

De acuerdo a lo esbozado, esta investigación pretende analizar las características físicas y químicas de los suelos de la Finca “Juan Caraballo Calderín”, sector el Cardón, Municipio Antolín del Campo, Estado Nueva Esparta, Venezuela, planteándose las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son las características de fertilidad que poseen los suelos de la Finca “Juan Caraballo Calderín”, sector el Cardón?, ¿Cuáles estrategias podrían ser desarrolladas para manejar sustentablemente los suelos de la Finca “Juan Caraballo Calderín”, sector el Cardón?.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Analizar la Fertilidad de los Suelos en la Finca “Juan Caraballo Calderín”, sector El Cardón, municipio Antolín del Campo, Estado Nueva Esparta como herramienta para la promoción de actividades agroturísticas.

Objetivos Específicos

Describir las condiciones físico-geográficas en las que se encuentra la Finca “Juan Caraballo Calderín”, del Sector el Cardón, Municipio Antolín del Campo, Estado Nueva Esparta.

Conocer el estado actual y comportamiento general de los elementos nutritivos de los suelos de la Finca “Juan Caraballo Calderín”, a través de la determinación de las características Físico-Químicas de los suelos.

Determinar el uso potencial agroturístico de la Finca “Juan Caraballo Calderín” a partir de la generación de mapas de Fertilidad de suelos con la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG's).

JUSTIFICACIÓN

La agricultura, hace uso de recursos naturales como el agua y el suelo para proveer al ser humano de alimentos. Actualmente, las tendencias demográficas indican un crecimiento de la población mundial lo que implica un posible aumento en la demanda de alimentos durante los próximos años, por ello, la gestión sustentable de los suelos es de gran importancia para la seguridad alimentaria mundial (FAO, 2015).

Colotti, Cedeño y Montañez (2013) mencionan que “La agricultura en la Isla de Margarita históricamente nunca ha sido una actividad vocacional, sino que constituye una actividad económica complementaria y semi-comercial”. Del mismo modo, la

agricultura es la base fundamental para el desarrollo rural sustentable y sirve como medio de desarrollo social, garantía de la seguridad agroalimentaria, medio de desarrollo rural y la elevación de la calidad de vida de la población campesina (Ley de Tierras y Desarrollo Agrario, 2010).

En la Isla de Margarita las actividades agropecuarias han tenido a lo largo de la historia una gran importancia, específicamente la implementación de cultivos como la caña de azúcar, el coco, plátanos, raíces y otros cultivos menores aprovisionaron los mercados insulares cercanos (Instituto Nacional de Estadística, 2007). Sin embargo, algunos autores mencionan que la agricultura en la Isla de Margarita es de tipo tradicional, presentando baja productividad y reduciendo la oferta de los productos a la población debido a que dicha agricultura es dependiente de los períodos de lluvia y sequía, es decir, se practica la agricultura de secano (Colotti, Cedeño y Montañez, 2013).

La presente investigación está relacionada con la búsqueda de alternativas para el uso sustentable del suelo y conservación de este recurso en la Finca “Juan Caraballo Calderín”, sector el Cardón, Municipio Antolín del Campo, Estado Nueva Esparta, Venezuela. La FAO (2015) explica que “Las prácticas agrícolas sostenibles deben utilizar al máximo la tecnología, la investigación y el desarrollo, aunque con mucha mayor integración de los conocimientos locales que en el pasado”. Por tal razón, es de gran importancia realizar este tipo de investigaciones que permitan conocer algunos parámetros físico-químicos de relevancia para el diagnóstico general de los suelos agrícolas. Desde lo político, los países actualmente y sobre todo Venezuela, deben generar políticas para convertir los sectores agrícolas en sustentables, por eso es necesario que estén conscientes y se realicen investigaciones en el área para conocer las diversas estrategias que se pueden manejar para el desarrollo sustentable de los suelos agrícolas.

La integración de los sistemas de información geográfica con el recurso suelo, es una herramienta importante ya que permite la generación de información para la toma

de decisiones en la planificación, manejo de los recursos y monitoreo de los cambios en el suelo, principalmente en aquellos que tengan baja capacidad productiva y que presenten una alta susceptibilidad a la degradación lo que beneficiaría al medio ambiente, a los productores y contribuiría a la soberanía alimentaria del país. (Rodríguez, Rey y Cortez., 2015). Por tal motivo, la agricultura debe gestionar datos estadísticos adecuados, información de las características del suelo, mapas geoespaciales e información cualitativa (FAO, 2015). Este conocimiento global de las principales limitaciones y potencialidades del recurso tierra en Venezuela, es esencial para orientar el ordenamiento y zonificación de las actividades agrícolas, como lo es el agroturismo.

El agroturismo contribuye a la revalorización de los productos locales, ya que la mayoría de los aficionados al mismo demandan productos agrarios naturales o fabricados de forma artesanal, típicos de la región (Sayadi y Calatrava, 1997). La actividad del agroturismo ha sido considerada por entidades públicas y privadas como una de las estrategias para dinamizar el desarrollo de las zonas rurales por su capacidad de contribuir a la generación de ingresos adicionales a los productores (Riveros y Blanco, 2003). En la Isla de Margarita pueden ser desarrolladas de manera efectiva actividades agroturísticas tomando en cuenta las cualidades geográficas, históricas y culturales que pueden cubrir las demandas turísticas contribuyendo a consolidar la estructuración de un mercado interno.

Finalmente, es importante señalar que un trabajo de esta naturaleza contribuirá a dar respuesta a una necesidad de diversificación de actividades para una producción sustentable y con mayores resultados expresada por los productores de la finca. Esta necesidad se ve solventada por medio del análisis de la fertilidad para determinar el uso potencial agroturístico de los suelos incentivando un uso más racional del recurso y a la vez permitirá el apoyo a los productores del área mediante la diversificación de las actividades económicas a través del agroturismo, lo que conllevaría al aumento de la calidad de vida de los pobladores.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollan todos los aspectos teóricos que sustentan la investigación, proporcionando una idea más clara del tema a estudiar. Se consideran investigaciones que manejan las mismas variables u objetivos relacionados con la problemática, reflejando los avances de las indagaciones en el área. Así mismo, se exponen las teorías que definen las variables estudiadas, para producir modelos científicos que interpreten las observaciones en función de la teoría.

Antecedentes de la investigación

Los antecedentes descritos a continuación buscan crear un análisis crítico de investigaciones previas para determinar sus aportes y relevancias con el trabajo propuesto, permitiendo el aporte de diversas estrategias, definiciones y estudios relacionados con la variable a desarrollar.

La sustentabilidad de los suelos es un tema altamente desarrollado, Berroterán y Zinck (1999) diagnosticaron y evaluaron indicadores de sostenibilidad agrícola vegetal en el ámbito de Venezuela, con énfasis en el sector cerealero. Estos indicadores parciales les permitieron afirmar que la producción de cereales en Venezuela posee un bajo índice agregado de sostenibilidad, ubicándose en el rango de la clase débilmente sostenible. A su vez, Bolívar (2011) indica en su trabajo los pasos metodológicos para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola con el fin de medir el nivel de desarrollo. Este investigador menciona que la integración de los indicadores de sostenibilidad conduce a la supervisión de planes y programas sociales, económicos e institucionales, contribuyendo a orientar sobre políticas, estrategias, acciones y la toma de decisiones en procura del desarrollo sostenible.

Por su parte, Hernández y colaboradores (2010), describen aproximaciones en el proceso de comprender la lógica de los productores y la necesidad de mejorar la comunicación entre el conocimiento local y el conocimiento técnico, a fin de desarrollar manejos de agroecosistemas. Los resultados de esta investigación revelaron que existe alta coincidencia entre estos dos tipos de conocimiento al momento de definir los indicadores de calidad de suelos. Los criterios de aceptación de los productores al evaluar las nuevas prácticas agrícolas se basan en la diversidad de beneficios y en la mejora de la calidad del suelo que trae consigo su utilización.

Orsag y colaboradores (2013), caracterizaron los suelos del Altiplano Sur de Bolivia desde el punto de vista de sus propiedades físico-químicas y biológicas; igualmente, evaluaron la dinámica de la materia orgánica (N, P y S), compararon la dinámica del agua y su disponibilidad en suelos bajo cultivos de quinua (sistemas de producción convencional) y parcelas en descanso, llegando a la conclusión de que la producción de quinua bajo las condiciones actuales podría ser insostenible.

Calderón y colaboradores (2013), realizaron muestreos de suelo para determinar las propiedades químicas siguientes: la reacción del suelo, el contenido de materia orgánica, fósforo y el tenor de los cationes cambiabiles. Como resultados obtuvieron valores de pH ácidos y ligeramente ácidos con presencia media de materia orgánica un 3% y valores de fósforo muy altos. Reportan valores de cationes intercambiabiles altos para potasio; calcio, magnesio y sodio presentaron valores bajos afirmando que son adecuados. Los estudios realizados permitieron efectuar un manejo adecuado de la fertilización, mejorando la nutrición de las plantas que se cultivan y consiguiendo una reducción de las dosis de los fertilizantes empleados.

Bastidas (2000) elaboró un diagnóstico de fertilidad con la finalidad de conocer el estado actual y comportamiento general de los elementos nutritivos de los suelos en pendientes inferiores a 25%, localizados en el Municipio Boconó, Estado Trujillo, Venezuela. Fueron analizadas las muestras para determinarles su textura, pH, carbono orgánico, materia orgánica, nitrógeno total, relación carbono/nitrógeno, fósforo,

capacidad de intercambio catiónico, bases cambiables y saturación de bases. Obtuvo resultados que evidencian la variabilidad de los elementos analizados, El pH varía de extremadamente ácido a neutro, el CO oscila de bajo, medio a muy alto, la MO presenta valores altos, las concentraciones del N varían de medias a altas, para las bases cambiables Ca, Na y K, obtuvo valores relativamente altos a muy altos a excepción del Mg, que aparece con valores muy variados de bajos, medios a altos.

En cuanto a la aplicación de los sistemas de información geográfica Crespo y colaboradores (2006) proponen una metodología a partir de indicadores de fertilidad del suelo (materia orgánica, nitrógeno total, fósforo asimilable, calcio, pH, resistencia a la penetración, hojarasca, infiltración y actividad biológica), previamente seleccionados en pastizales de seis vaquerías de la provincia La Habana. Ésta se basa en figuras radiales que representan, según la escala de valores, el estado de cada indicador, y permite estimar el estado general de fertilidad del suelo de la unidad ganadera. Igualmente, Calderón, Lara y Cabrera (2012), confeccionaron mapas para la toma de decisiones en el establecimiento de los cultivos y el manejo de la fertilización de los suelos estudiados. Fueron elaborados los mapas temáticos para el pH, la materia orgánica, el P asimilable y los cationes intercambiables, para mejorar el manejo de los suelos.

Del mismo modo, Henríquez, Méndez y Masís (2013) elaboraron los mapas para las variables Ca, pH, acidez, K, P y porcentaje de saturación de acidez. Concluyeron que los mapas interpolados a escala regional, son una herramienta útil para predecir con un buen grado de acierto las propiedades de fertilidad de suelos; pese a ello, es importante un proceso de verificación para confirmar estas aproximaciones. Torres y colaboradores (2017), identificaron las principales limitaciones y potencialidades de suelos de una de las principales zonas agrícolas del estado Lara. Para ello, analizaron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica (CE) materia orgánica (MO), contenidos de arcilla, limo, arena, fósforo, calcio, magnesio, potasio y aluminio, correspondientes a un periodo de 20 años. Posteriormente, los datos fueron georreferenciados tomando como base un mapa 1:100.000, permitiendo la

construcción de categorías de calidad de suelos para la clasificación de cada una de las variables evaluadas y estudiar la distribución de las muestras en función de dichas variables.

Bases Teóricas

El Suelo como Sistema

El suelo es una mezcla de materias orgánicas e inorgánicas conteniendo una gran variedad de macroorganismos y microorganismos el cual funciona como ancla y soporte para las plantas. Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1977) el suelo es un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía. Es considerado también como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera y con los estratos que están debajo de él, que influye en el clima y en el ciclo hidrológico del planeta, y que sirve como medio de crecimiento para diversos organismos.

Existen muchas definiciones de suelos dependiendo del uso que a éste se le dé. Para un Ingeniero Civil, el suelo será el sitio sobre el cual habrá de construir alguna infraestructura. Los Ingenieros de Minas, definen el suelo como el material que recubre las rocas y minerales que desea extraer y procesar. Para los Agrónomos, el suelo juega un papel muy importante en la descomposición del material de desecho que es reciclado para la nutrición de las plantas. Casanova (2005) lo define como "... el sitio donde viven y crecen las plantas y animales, los cuales son altamente importantes en el mantenimiento de la vida humana". El suelo forma un sistema abierto a la atmósfera y la corteza que almacena de forma temporal los recursos necesarios para los seres vivos, y tiene la capacidad para servir de soporte a las plantas.

El suelo desde el punto de vista pedológico es “...un producto natural proveniente de la desintegración de las rocas por la acción del clima y los microorganismos” (Casanova, 2005). Los pedólogos no consideran al suelo desde el punto de vista de su utilización práctica, sin embargo, las investigaciones realizadas en el área pueden servir como base para los ingenieros así como también para agricultores.

Desde el enfoque de la Edafología, el suelo puede constituir un ente natural organizado e independiente, con unos constituyentes, propiedades y génesis que son el resultado de la actuación de una serie de factores activos (clima, organismos, relieve y tiempo) sobre un material pasivo (la roca madre). El edafólogo considera al suelo “en relación a su uso como medio para el crecimiento de las plantas” (Casanova, 2005). Fundamentalmente, el suelo agrícola es aquel que cumple con las características adecuadas para el desarrollo de la actividad agrícola, es decir, que es propicio para el desarrollo de la vida (INIA, 2015). Por tal motivo, cuando hablamos de suelo agrícola estamos hablando de un tipo especial de suelo que debe contar con ciertos elementos que lo conviertan en suelo apto para el crecimiento de cultivos.

El suelo como todo sistema evoluciona en el tiempo condicionado por diversos factores, es un sistema auto-organizado y heterogéneo que posee una gran complejidad estructural y funcional, debido a la gran diversidad de sus componentes y a los procesos que tienen lugar en su seno (Labrador, 2015). En consecuencia, las diversas comunidades que interactúan en el sistema influyen con su evolución modificándolo al mismo tiempo que se modifican a ellas mismas. El suelo es uno de los recursos básicos que sustenta la vida en el planeta, debido a que toda la vida terrestre se relaciona y depende de él para su existencia. Es decir, el suelo es el reservorio de los recursos necesarios para los seres vivos, los cuales son administrados por la atmósfera, hidrosfera y litosfera (Jordán, 2006).

La Fertilidad de los Suelos

Mendoza y Espinoza (2017) explican que “La fertilidad de suelos consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones ambientales y nutrientes necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.” Es necesario conocer que un suelo sano, es decir fértil, es aquel que nos brinda los requerimientos posibles para un buen desarrollo de los cultivos, y de esta manera lograr trabajar con él sin agotar su fertilidad. Así mismo, la fertilidad es el potencial que un suelo tiene para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen crecimiento y rendimiento de las plantas, mediante la absorción por el sistema radical de los nutrimentos forma soluble (Casanova, 2005).

La fertilidad del suelo en su conjunto, es una cualidad que resulta de la interacción de un grupo de características con un conjunto de exigencias de las plantas que son de interés. Otros elementos nutritivos, que no son de inmediata utilización por las plantas como los que forman parte de los minerales primarios y secundarios y algunas combinaciones orgánicas, representan la fertilidad potencial de un suelo y la producción de los cultivos depende en muchos casos de la transformación de las formas potenciales a las formas activas. Además, la disponibilidad de nutrimentos para las plantas puede ser aumentada al añadir fertilizantes al suelo, los cuales poseen uno o más de los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas (Casanova, 2005).

Cuando se habla de “fertilidad” de un suelo se aborda el recurso edáfico desde la perspectiva de la producción de cultivos. Así, la fertilidad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo de sostener el crecimiento de los cultivos. Muchas veces se divide a la fertilidad en “química”, “física” y “biológica” para su abordaje particular, pero muchas veces resulta complicado separarlas debido a que las mismas se encuentran en constantes interacción. La fertilidad química se refiere a la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes esenciales a los cultivos, mientras que la fertilidad física está relacionada con la capacidad del suelo de brindar condiciones estructurales

adecuadas para el sostén y crecimiento de los cultivos y la fertilidad biológica se vincula con los procesos biológicos del suelo, relacionados con sus organismos, en todas sus formas. Los organismos del suelo son imprescindibles para sostener diversos procesos del suelo (INIA, 2015)

Agroturismo

El hombre depende del suelo y en cierto modo los suelos buenos dependen del hombre y del uso que hace de ellos. Los suelos constituyen el medio natural en el que las plantas crecen, su verdadero nivel de vida está determinado, frecuentemente por la calidad de sus suelos.

El punto de partida para el desarrollo sustentable es la productividad de la naturaleza, con sus limitados recursos y capacidad para absorber los impactos negativos (Queitsch, 1997). Para que una tierra sea productiva, se requiere, entre otros aspectos, de dos recursos básicos: agua y suelo, los cuales constituyen la interfase entre la litosfera y la atmósfera en la cual se desarrolla la vida sobre el planeta; ambos son básicos para la vegetación, la que a su vez sustenta a las demás formas de vida. Para enfatizar sobre la importancia del suelo y de su conservación productiva, cabe mencionar que sus funciones principales son: (a) producción agrícola y forestal, base, entre otras cosas, para la obtención de alimentos; (b) reserva genética, componente básico para la estabilidad de los ecosistemas; (c) filtración, amortiguación y transformación de diversas sustancias, lo que confiere al suelo un papel primordial en la lucha contra la contaminación ambiental (Blum, citado por Aguilar, 1995).

El desarrollo de cultivos en fincas agroecológicas surge con el objetivo de combatir las prácticas agrícolas que han venido deteriorando el recurso suelo, fomentando así los conocimientos tradicionales sin dejar a un lado los avances científicos y tecnológicos. El agroturismo es un tipo de turismo rural realizado en zonas rurales y basadas en elementos de cultura rural, fundamentado principalmente

en actividades relacionadas con la explotación agraria (Sayadi y Calatrava, 2001), surgiendo como alternativa para el desarrollo sustentable de las regiones rurales.

El agroturismo cumple con los requisitos para fomentar el desarrollo sustentable generando nuevas opciones económicas, aportando ingresos mediante la diversificación de actividades como la ganadería, lechería, horticultura, floricultura, apicultura, y lo más importante ayuda a la conservación de la calidad de los ecosistemas nacionales (Constabel y otros, 2008). En consecuencia, el agroturismo ofrece una gran variedad de actividades agrícolas que se pueden desarrollar en un entorno natural propiciando el respeto por los recursos agrarios, ganaderos y la biodiversidad, promoviendo el conocimiento de los recursos naturales de una región y ayuda al mantenimiento de la vida en el campo.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una importante herramienta en las tareas de planificación ambiental y ordenación del territorio (Sendra y García, 2000), así mismo es frecuentemente empleado en el desarrollo de proyectos de gestión de riesgos ambientales, usos del suelo, gestión de Espacios Naturales y es definido por Bravo (2000) como aquel:

“método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Para ello, contaremos tanto con las fuentes de información como con un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) que nos facilitarán esta tarea; todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas, y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo”.

Por tal motivo, un SIG es la conjunción de datos relacionados con el espacio físico con herramientas informáticas, es decir, con programas informáticos o software capaz de combinar información gráfica (mapas) y alfanumérica (estadísticas) para obtener una información derivada sobre el espacio. Así pues, un Sistemas de

Información Geográfica (SIG) es un conjunto de componentes específicos que permiten a los usuarios desarrollar consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) usualmente son enfocados a la gestión de datos espaciales de algunos sistemas informáticos, principalmente orientados a ser una herramienta informática para los diversos avances científicos y en las diversas investigaciones en el área de las Ciencias de la Tierra (Sarría, 2006). Del mismo modo, actualmente los SIG se han difundido en diversas áreas de las ciencias demostrando ser una herramienta muy útil en la planificación territorial y la resolución de problemas socioeconómicos y ambientales (Lara, Simeón y Navarro. 2006). Por otra parte, esta herramienta permite analizar el territorio a través de capas temáticas, permitiendo el análisis a través de la información detectada de alguna zona en específico.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presentan los aspectos metodológicos más relevantes de la investigación, haciendo referencia a un conjunto de procedimientos basados en una serie de principios lógicos que permiten desarrollar los objetivos planteados. De tal manera se amplían las características del tipo y diseño de la investigación fundamentada en un paradigma, también se describe la población, la muestra estudiada y las técnicas de recolección de datos empleadas.

Paradigma de la Investigación

Para lograr desarrollar la investigación resulta de suma importancia conocer el tipo de enfoque planteado, con la finalidad de dar respuesta al problema de la investigación. La investigación llevada a cabo se encuentra bajo el enfoque Positivista o Cuantitativo; Inche, Andía, Huamanchumo, López, Vizcarra, y Flores (2003) explican que para el Positivismo: “Todo conocimiento es válido si está basado en la observación de los hechos sensibles”. Por tal razón, durante el desarrollo de la investigación se adquirió información a través de la observación de hechos verificables para lograr la descripción de la problemática investigada.

El enfoque cuantitativo surgió de una rama de la filosofía llamada positivismo lógico, que funciona con reglas estrictas de lógica, verdad, leyes y predicciones. La investigación cuantitativa se realiza con la finalidad de probar la teoría al describir variables (investigación descriptiva), examinar relaciones entre las variables (investigación correlacional) y determinar interacciones causa-efecto entre variables (investigación cuasi experimental y experimental). Para el caso de esta investigación, se busca describir la dinámica ambiental presente en el área de estudio para entender las condiciones de fertilidad generadas por las interacciones.

La investigación cuantitativa utiliza secundariamente la recolección de datos fundamentada en la medición, posteriormente se lleva a cabo el análisis de los datos y se contestan las preguntas de investigación. De ésta manera probamos las hipótesis establecidas previamente, confiando en la medición numérica, el conteo y en el uso de la estadística para intentar establecer con exactitud patrones en una población (Hernández, Fernández y Baptista. 2003). El enfoque cuantitativo de la investigación pone una concepción global positivista, hipotética-deductiva, objetiva, particularista y orientada a los resultados para explicar ciertos fenómenos. Se desarrolla más directamente en la tarea de verificar y comprobar teorías por medio de estudios muestrales representativos, utilizando las técnicas estadísticas en el análisis de datos y generalizando los resultados.

Tipo y diseño de la investigación

La investigación llevada a cabo permitió describir de modo sistémico las características que presenta la problemática a estudiar, a través de la recolección y análisis de los datos se extraen generalizaciones significativas para contribuir a la generación de nuevos lineamientos a través de la investigación descriptiva. Según Sabino (1986) “Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento”. En tal caso, la investigación busca dar respuesta al comportamiento que se presenta en la problemática, conociendo su estructura y analizando los criterios que permiten describir la situación del área de estudio.

Por tal motivo, se establece la investigación descriptiva la cual permite conocer la situación de la problemática a través de la descripción. Para Arias (2006) la investigación descriptiva consiste “... en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. Mediante la aplicación de diversas

técnicas se busca conocer y describir las características de fertilidad que poseen los suelos del área estudiada para establecer las potencialidades de uso en actividades agroturísticas.

En el mismo orden de ideas, el diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable. Por lo tanto, el diseño de campo es el que mejor se adapta a esta investigación y la UPEL (2005) la define como:

“...el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos y cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo” (Pág. 22)

Por su parte, Arias (2006) sostiene que la investigación de campo “Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios)...”. De acuerdo con esta definición, el presente estudio permite indagar in situ la realidad de los elementos y diferentes factores relacionados, que dan origen a la caracterización de la fertilidad en el área de estudio y el desarrollo potencial de actividades agroturísticas.

Fases de la Investigación

Fase de oficina: Con la implementación de un mapa con coordenadas UTM e imágenes de *Google Earth* se localizó geográficamente el área de estudio. Igualmente, se revisaron diversos mapas de la zona, geológico, hidrográfico y topográfico para describir algunas características físicas del área y su influencia en la dinámica de la fertilidad de los suelos. Se realizó una búsqueda bibliográfica de los diferentes tipos de métodos y técnicas de muestreo de suelo para seleccionar el que

más se ajuste al área de estudio. Se realizó la escogencia y sistematización de los análisis físicos y químicos necesarios para determinar fertilidad de suelo, con sus respectivas metodologías. Por último, con las características fisicoquímicas del suelo obtenidas se elaboró un mapa síntesis para describir la apreciación de la fertilidad de las áreas de la finca estudiada y su posible potencialidad para el desarrollo de actividades agroturísticas.

Fase de campo: Se realizó el recorrido del terreno delimitando las unidades de muestreo del sector, tomando en cuenta las características similares del suelo (figura 1). Por tal motivo, se seleccionaron las áreas que presentaron uniformidad en las siguientes características: color, ubicación y sobre todo que no presenten alteraciones de origen antrópicas (Villarroel, 2000). Luego, con las coordenadas específicas de cada área tomadas con GPS y la ayuda de imágenes extraídas de *Google Earth* se localizarán geográficamente las áreas o unidades de muestreo ya delimitadas (Schweizer, 2011).



Figura 1. Recorrido por el área de estudio.

Métodos y técnicas de muestreo de suelos: para el muestreo de suelos las muestras recogidas deben ser unitarias; es decir, son representativas de un punto y un horizonte concreto del suelo (Garrido, 1994). La muestra debe componerse de un número adecuado de submuestras tomadas en un área homogénea, las cuales, deben ser de igual volumen y profundidad, tomando en cuenta un esquema sistemático para

mezclarlas y formar la muestra compuesta (Gilabert, Arrieche, León y López, 2015). La muestra de suelo está compuesta por varias porciones de igual tamaño (submuestras), obtenidas de diversos puntos del área que se desea analizar y mezcladas en forma homogénea (Villarroel, 2000; Martínez y Andrades, 2014). En este caso, de cada área o unidad de muestreo delimitada se obtuvo una (1) muestra compuesta para la profundidad de 0-20cm (figura 2), debido a que la mayoría de las plantas tiene su mayor densidad radicular en este segmento del suelo (Mendoza y Espinoza, 2017).

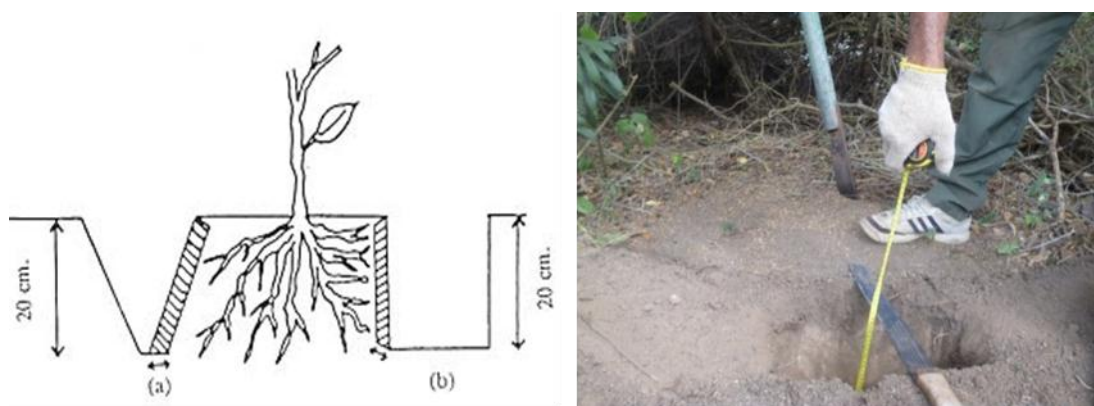


Figura 2. *Profundidad de muestreo.*

Las muestras estaban compuestas por lo menos de dos (2) submuestras tomadas en un área homogénea utilizando diversos materiales (cuadro 1), mediante un muestreo no probabilístico, Fernández y Baptista (2003) definen el muestreo no probabilístico como: "...la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra." (pág. 305), es decir, las muestras fueron seleccionadas de acuerdo a los criterios de los investigadores tomando en cuenta las condiciones limitantes del área de estudio.

Cuadro 1. *Equipo de muestreo de suelo.*

Equipo de muestreo	Descripción
Cuchillo, machete y rastrillo.	Limpieza del punto de muestreo.
GPS y mapas.	Localización de los puntos de muestreo.
Libreta de campo y hoja de registro.	Realizar anotaciones de lo observado.
Cinta métrica.	Medir distancia de los puntos de muestreo.
Pabilo y estacas.	Delimitar áreas de muestreo.
Barrenos y palas.	Extracción de las submuestras de suelo.
2 Baldes o tobos.	Realizar la mezcla de las submuestras.
Lona o plástico.	Realizar el Cuarteo de las muestras.
Bolsas plásticas.	Almacenamiento de la muestra.
Marcadores y etiquetas.	Identificación de muestras.
Computadora Portátil.	Ajustes y Modificaciones.

Del mismo modo, Martínez y Andrades (2014) indican que la recolección de las muestras se debe efectuar realizando un recorrido en zigzag a través de la parcela. El recorrido en zigzag se desarrolló con algunas limitaciones debido a las características presentes en el área de estudio y zonas propensas a contaminar la muestra, dificultando la toma de muestras.

Algunas limitaciones presentes en la zona fueron: sitios próximos a viviendas, caminos, lugares pantanosos o erosionados, áreas quemadas, zonas con excesiva vegetación de tipo matorral y áreas que fueron rellenadas por otro material (figura 3) (Martínez y Andrades, 2014).



Figura 3. *Áreas con limitaciones para la recolección de muestras.*

Procedimiento para la recolección las muestras de suelo: El punto de muestreo se raspó superficialmente y se limpió de restos vegetales. Se cavó un agujero en forma de “V” del ancho de la pala a la profundidad determinada extrayendo la muestra de cada punto (figura 4).



Figura 4. *Muestreo no probabilístico y extracción de las submuestras.*

Se realizó el recorrido recolectando las submuestras en los puntos asignados y colocándolas en un recipiente plástico desmenuzando los terrones, se eliminaron fragmentos de rocas, minerales, raíces grandes y contaminantes, mezclando muy bien cada nueva submuestra con las anteriores (figura 5).



Figura 5. *Extracción y mezcla de las submuestras.*

Cuando se terminó el trayecto señalado, con el método del cuarteo se colocaron las muestras compuestas sobre un plástico limpio (figura 6), se divide en cuatro partes iguales y se separa una de ellas (o dos opuestas). Se repitió el procedimiento hasta llegar a obtener la muestra compuesta entre 0,5 – 1 kg.



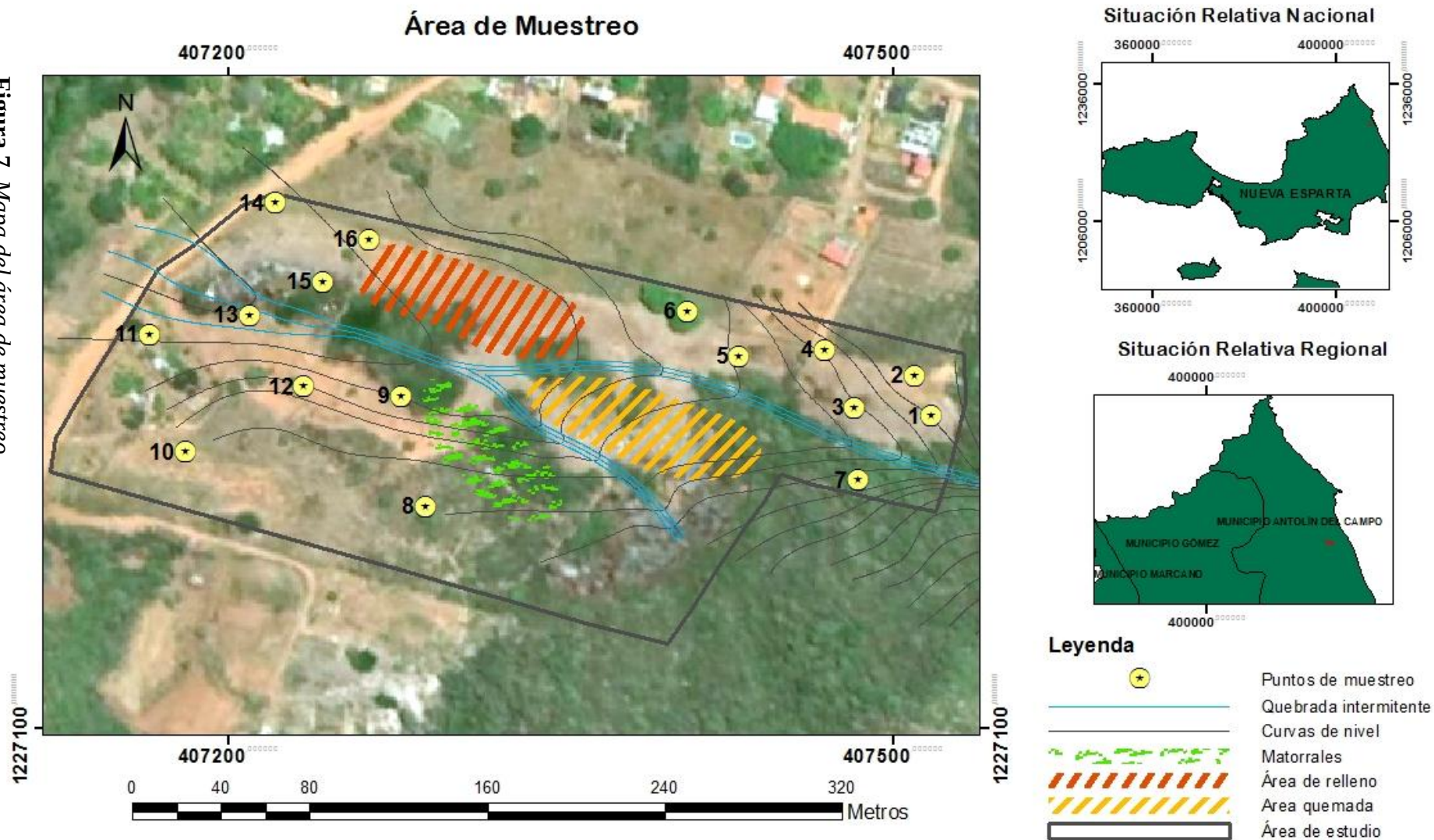
Figura 6. Método del cuarteo para homogenizar la muestra compuesta.

Cada punto de recolección de muestras y las zonas con alteraciones fue localizadas geográficamente a través del uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y georreferenciadas tomando en imágenes de Google Earth y utilizando los sistemas de información geográfica (cuadro 2; figura 7).

Cuadro 2. Ubicación geográfica de las muestras de suelo.

COORDENADAS (REGVEN) Elipsoide GRS 80- WGS84					
Muestra	Norte	Este	Muestra	Norte	Este
1	1.227.260	407.515	9	1.227.250	407.278
2	1.227.263	407.501	10	1.227.195	407.255
3	1.227.259	407.494	11	1.227.266	407.218
4	1.227.268	407.482	12	1.227.274	407.221
5	1.227.269	407.475	13	1.227.297	407.203
6	1.227.288	407.407	14	1.227.333	407.212
7	1.227.212	407.484	15	1.227.302	407.264
8	1.227.221	407.291	16	1.227.314	407.273

Figura 7. Mapa del área de muestreo.



Fase de laboratorio: esta fase se desarrolló en el Laboratorio de Pedología y Estudios del Cuaternario en Venezuela, del Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Pedagógico de Caracas - Universidad Pedagógica Experimental Libertador. A continuación, se describe brevemente la metodología utilizada para determinar las propiedades físico-químicas de los suelos investigados en este estudio.

Medidas para asegurar la calidad del muestreo: para asegurar que las muestras no sean alteradas al momento de la recolección y del traslado, se recogieron en bolsas de plástico con precinto, limpio y etiquetado adecuadamente. Las muestras estaban enumeradas e identificada en una hoja de registro elaborada a tal fin donde se explica procedencia exactamente (parcela, área o unidad de muestreo, coordenadas, horizonte o profundidad, fecha del muestreo, etc.). Las muestras se dejaron en la sombra antes y durante su traslado, luego fueron secadas extendidas en papel periódico y se procedió a pasarlas por el tamiz N° 80 para separar las fracciones menores a 2mm (figura 8).



Figura 8. Muestras de suelo secas y separadas con el tamiz N°80.

Análisis Físicos: La fertilidad física está relacionada con la capacidad que posee el suelo para brindar condiciones estructurales adecuadas para el sostén y crecimiento de los cultivos. A continuación se describen los procedimientos metodológicos para la determinación de las propiedades físicas del suelo.

Color: El color del suelo expresa la composición química e igualmente los procesos y condiciones que se ha encontrado el mismo a lo largo del tiempo. Para descripciones prácticas, el color de la matriz del suelo se registró cuando las muestras se encontraban secas, sin la incidencia directa de los rayos solares y tomando en cuenta los parámetros establecidos en Tabla de Colores de Suelo Munsell, 1975. Se tomó la muestra de suelo colocándola detrás de los círculos presentes en la tabla Munsell y se comparó el color con los patrones hasta encontrar el más aproximado.

Se anotó el color tomando en cuenta la nomenclatura de la tabla, anotando primero el matiz, seguidamente el valor (números localizados sobre la parte izquierda vertical) como numerador, y el crhoma (localizado en la parte inferior de la tabla), como denominador. Por último, se colocó la nomenclatura y el nombre equivalente de la clave observando el reverso de la hoja anterior identificada en la tabla Munsell (figura 9).



Figura 9. *Determinación del Color.*

Estructura del suelo: La estructura del suelo se refiere a la organización natural de las partículas del suelo, donde esta se encuentra representada o constituida por agregados que están separados entre sí mediante poros o espacios vacíos. La descripción se realizó con la muestra seca y tomando en cuenta el grado (grado de agregación), la clase (tamaño medio) y el tipo de agregados (forma) (figura 10).

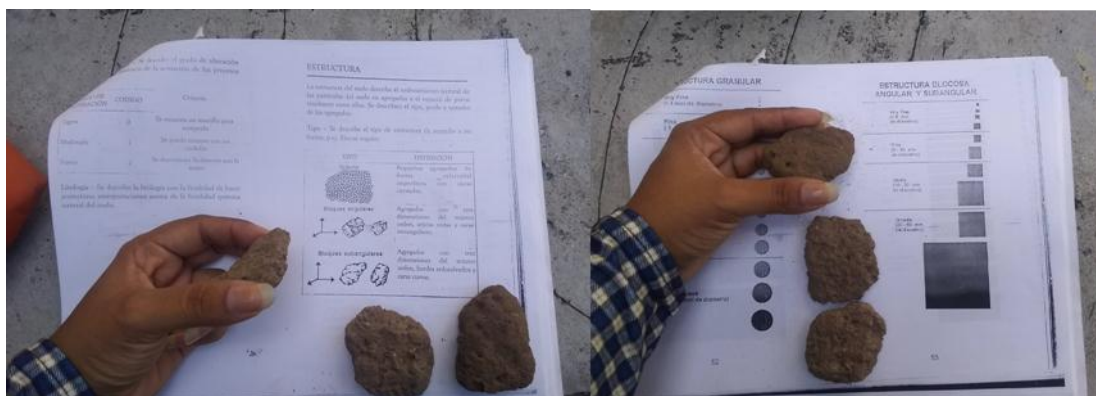


Figura 10. Determinación de la estructura.

Consistencia: La consistencia involucra una serie de propiedades como la friabilidad, adhesividad y resistencia a la compresión. Esta va depender del contenido de arcilla, materia orgánica y humedad del suelo. La consistencia del suelo se evaluó por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. En los suelos secos se determinó la dureza y en lo suelos mojados, se determinó la adhesividad y plasticidad (figura 11).

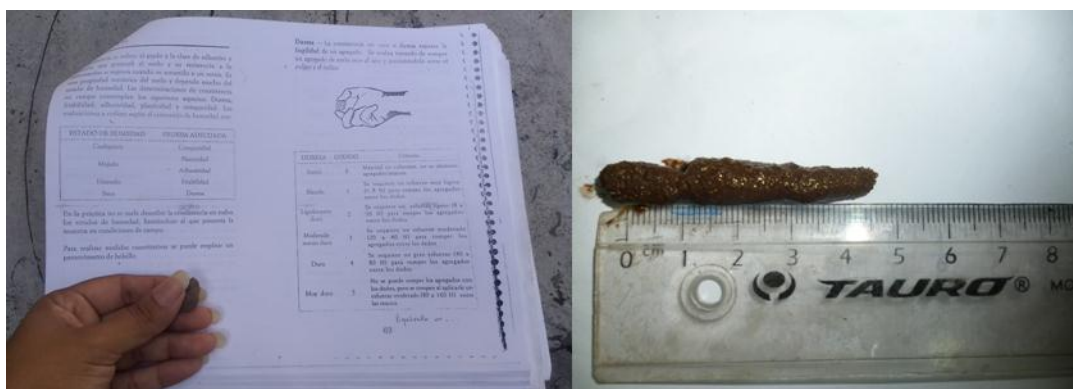


Figura 11. Determinación de la consistencia.

Método del hidrómetro Bouyoucos (1962): Este método permite determinar la densidad de las partículas que presenta el suelo. Si bien consiste en determinar los porcentajes de arena, limo y arcilla, tomando en cuenta el peso de la muestra y en base a la Ley de Stokes, la cual consiste en que la sedimentación de las partículas en un medio líquido. Se pesaron 50 gramos de la muestra colocándolos en un vaso de una batidora y se le añadieron 100ml de agua destilada para luego mezclarlo durante 5 minutos en la batidora (figura 12).



Figura 12. Pesaje de la muestra y mezcla en la batidora.

La mezcla se lavó y se colocó en un cilindro graduado de 1000 mL aforando con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 1000 mL. Se agitó la suspensión por unos 20 segundos, se dejó en reposo y se procedió a tomar las medidas introduciendo el hidrómetro en la suspensión a los 40 segundos y a los 120 minutos (figura 13).



Figura 13. Agitación de la suspensión. Medición con el hidrómetro.

De acuerdo con los siguientes cálculos se determina:

$$\text{Arena (\%)} = 100 - (\text{Lectura}_{40S} / \text{Pesomuestra} \times 100)$$

$$\text{Arcilla (\%): } (\text{Lectura}_{2 \text{ Horas}} / \text{Pesomuestra} \times 100) \quad \text{Limo (\%): } 100 - (\text{Arci \%} + \text{Arena \%})$$

Análisis Químicos: La fertilidad química está determinada por la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos. A continuación se describen los procedimientos metodológicos para la determinación de las propiedades químicas del suelo.

pH del suelo: expresa la actividad de los iones de Hidrógeno en la solución del suelo. Es decir, la acidez activa del mismo y del aluminio intercambiable. Se determinó el pH con una relación 1:1, donde el contenido volumétrico de agua y material, es proporcional. En primer lugar se calibró el pHmetro (Metrohm modelo E-588) con las soluciones Buffer de pH 10, 7 y 4. Se pesaron 10 gramos de muestra y se le añadieron 10ml de agua destilada. Se agitaron por alrededor de 10 minutos y luego se midió con el pH-metro introduciendo el electrodo del mismo en la solución (figura 14).



Figura 14. *Medición de pH en agua de las muestras de suelo.*

Materia Orgánica: la materia orgánica del suelo se determina conociendo la cantidad de carbono orgánico presente en una muestra de suelo, lo que conlleva a que indirectamente se pueda estimar el porcentaje de materia orgánica. La técnica utilizada fue la propuesta por el GIUMA (Grupo Interinstitucional para Uniformar Métodos Analíticos) fundamentado con el método de Walkley y Black (1934).

Procedimiento: Se pesaron 0,5000g de cada una de las muestras de suelo seco al aire. En balón aforado de 50 mL, se añadieron mL de solución de dicromato de potasio 1N, para luego rotar suavemente el frasco y mezclar bien. Se agregaron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado 96%-98% p/p, y nuevamente se agitó durante 5 a 10 segundos. Luego se le añadió agua destilada cercano al enrase y se deja en reposo 3 ó 4 horas. Se enrasó a 50 mL con agua destilada, mezclando y dejando en reposo durante la noche (figura 15).



Figura 15. *Medición de materia orgánica en las muestras de suelo.*

Por último, al día siguiente se trasvasó el sobrenadante transparente a las celdas y se procedió a leer a la longitud de onda (λ) de 590 nm en espectrofotómetro UV-Visible (figura 16).



Figura 16. *Medición de materia orgánica en en espectrofotómetro UV-Visible.*

Curva de Calibración: se prepararon patrones en balones de 50 mL los cuales contenían 2,1753; 4,3506; 8,7012; 13,0518; 17,4024 mg C; a partir de una solución patrón de Sacarosa o Glucosa equivalente a 2,1753 mg C/mL. Se agregaron en forma sucesiva 5 mL de dicromato de potasio 1N; 10 mL de ácido sulfúrico y luego se aforó a 50 mL con agua destilada con igual procedimiento que con las muestras. Se dejó en reposo hasta el día siguiente, se obtuvieron los valores con un espectrofotómetro UV-Visible a λ de 590 nm en orden ascendente para realizar la curva de calibración (figura 17).

El % MO se calculó según la fórmula: $\%MO = [Lect. Absorb.- Intercepto Curva calib.]* (1,3333)* (1,724)* (100) / [Pendiente de la Curva calib.*Pm*1000]$

Pm = Peso de muestra, 1,333 = Factor resultante de la consideración que la oxidación promedio del carbono por este método es del 75% y 1,724 = Factor de Van Bemmelen para convertir el carbono orgánico (CO) en materia orgánica.

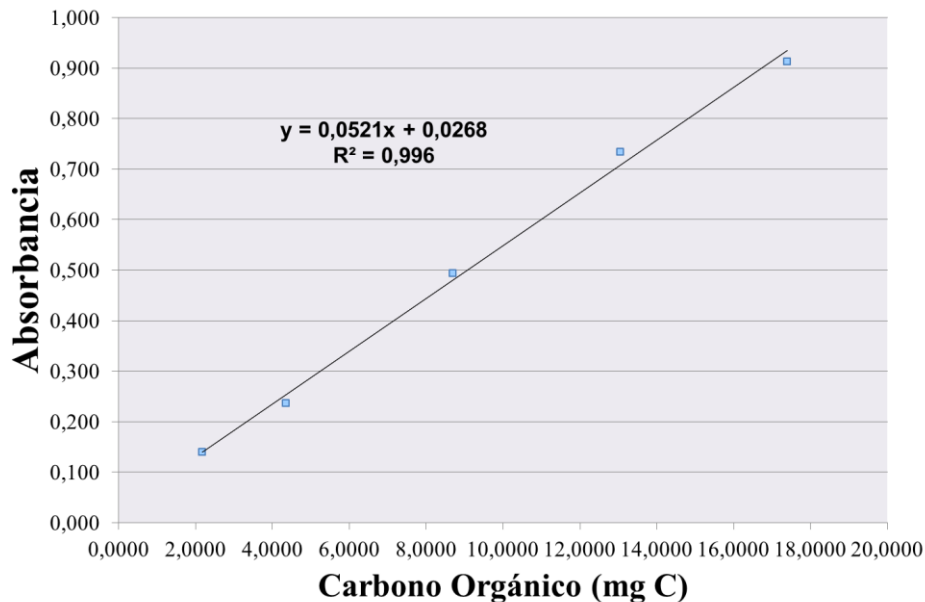


Figura 17. Curva de calibración de carbono orgánico.

Por otra parte, el nitrógeno se determinó mediante cálculos teóricos ya que se asume que el 5% de la materia orgánica está constituida por nitrógeno (Casanova,

2005). Por tal razón, los resultados obtenidos de materia orgánica se multiplicaron por el factor de 0,05 para obtener el % de nitrógeno orgánico teórico.

Fósforo Disponible en el Suelo el contenido de fósforo disponible en el suelo puede variar en los suelos representando el 1% del fósforo total presente en el mismo y se determinará mediante el Método Olsen (1954) uno de los métodos más empleado cuando los pH de los suelos son alcalinos.

Procedimiento: se pesó 1 g de suelo y se colocó en un frasco plástico. Se le añadieron 20 ml de la solución extractora Olsen [Solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 0,5M]. Se agitó en agitador recíproco por 30 minutos. Y se filtró en papel N° 1. Luego se extrajo con una pipeta 2 ml del extracto de suelo y se le agregaron 20 ml de solución de trabajo. Luego se agitó suavemente, con corriente de aire, y se dejó en reposo 30 minutos (figura 18). Por último se realizaron las lecturas correspondientes en Espectrofotómetro de luz visible a longitud de onda (λ) = 882nm.



Figura 18. Medición de fosforo método de olsen (1964).

Nota: sí las lecturas en el extracto de suelo están fuera de la curva de calibración, se debe repetir el procedimiento, diluyendo el extracto con la solución extractora Olsen [Solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 0,5M] y considerar este factor de dilución para el cálculo final de la muestra.

Curva de calibración: En balones volumétricos de 50 ml se agregaron volúmenes de 0,5; 1; 2 y 2,5 ml de la solución estándar de fósforo (P). Las soluciones se enrasaron con solución extractora de Olsen [Solución de bicarbonato de sodio (NaHCO₃) 0,5M]. Se extrajo en tubos de ensayo 2 ml de cada uno de los patrones anteriores y se le agregaron 20 ml de la solución de trabajo. Se agitaron suavemente, con corriente de aire, se dejó en reposo por 30 minutos. Por último, se realizaron las lecturas correspondientes en el espectrofotómetro de luz visible a longitud de onda (λ) = 882 nm y se construyó la curva de calibración (figura 19).

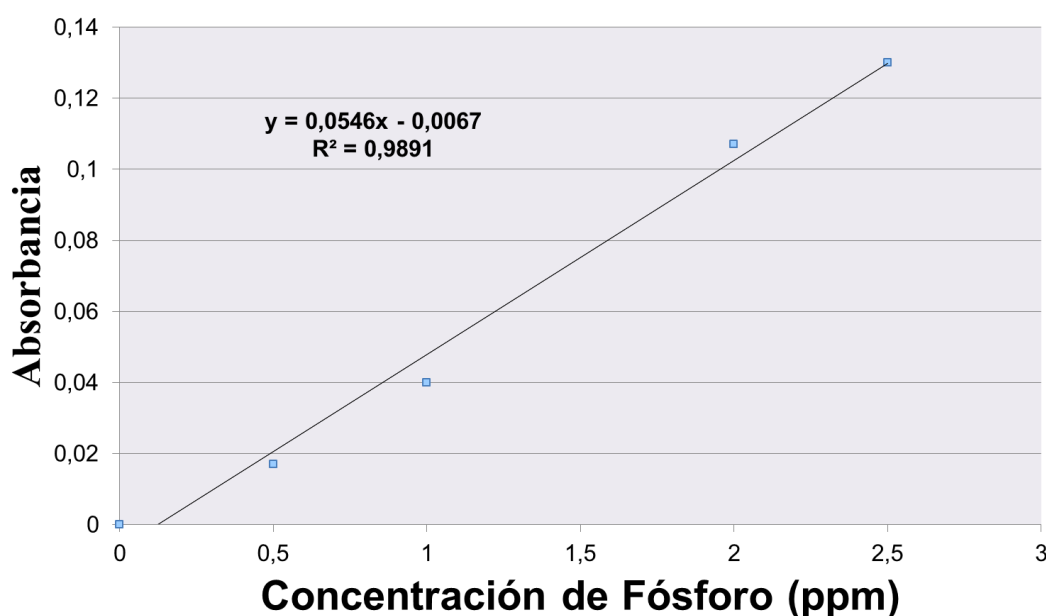


Figura 19. Curva de calibración de Fósforo.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrógeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces” (FAO, 2015).

Procedimiento: Este análisis se realizó, con el método de extracción de acetato de AMONIO ($\text{NH}_4\text{-OAC}$) 1N a pH7. Se pesaron 2.5 gramos de suelo y se colocaron en envases de agitación, añadiéndole 25ml de Acetato de amonio 1N ($\text{NH}_4\text{-OAC}$). Se colocó en un agitador durante 15 minutos y luego se filtró la muestra con papel Whatman N°42 utilizando un embudo. Se extrajo la solución hasta un volumen final de 25ml. Las mediciones se realizaron en el aparato de absorción atómica (figura 20).

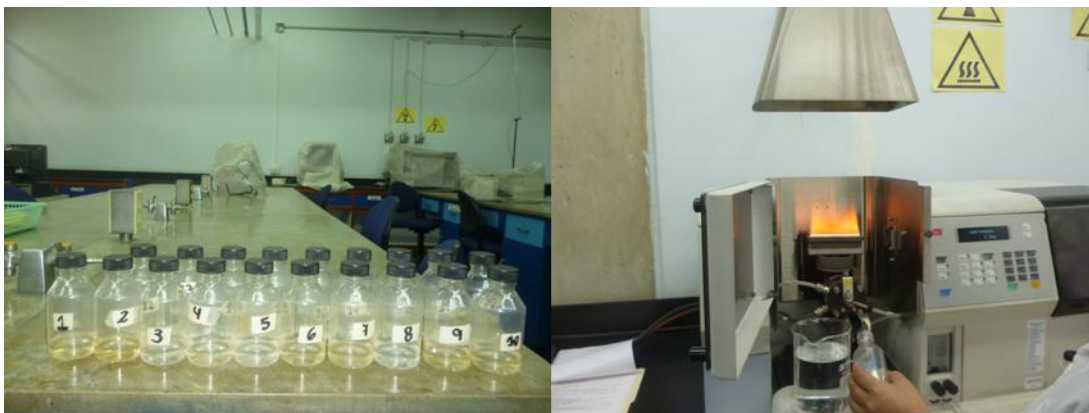


Figura 20. *Medición de la Capacidad de Intercambio Catiónico en las muestras.*

Se prepararon las curvas de calibración partiendo de las concentraciones o disoluciones de los parámetros establecidos por cada uno de los elementos: Calcio (Ca; 1, 2, 3, 4 ppm), Sodio (Na; 1, 2, 3, 4, 5 ppm), Potasio (K; 1, 2.5, 5, 10 ppm) y Magnesio (Mg; 1, 2, 3, 4, 5 ppm) (figura 21). Por último, se realizaron las transformaciones correspondientes de partes por millón (ppm) a miliequivalentes (meq/100g) para cada uno de los cationes determinados. Se sumaron los resultados de todos los cationes ($\text{Ca}+\text{Na}+\text{K}+\text{Mg}$ meq/100g) para realizar el cálculo de las Bases Totales. Se calculó la capacidad de intercambio catiónico (CIC) teórica y el Porcentaje de Saturación de Bases (%SB) aplicando la fórmula propuesta por Bravo (2000) para la **CIC= suma de capacidad de Intercambio Catiónico/ % de arcilla*100** y para el **%SB= Suma de cationes /CIC * 100.**

Nota: sí las lecturas en el extracto de suelo están fuera de la curva de calibración, se debe repetir el procedimiento, diluyendo el extracto con la solución extractora Acetato de amonio 1N (NH₄-OAC) y considerar este factor de dilución para el cálculo final de la muestra.

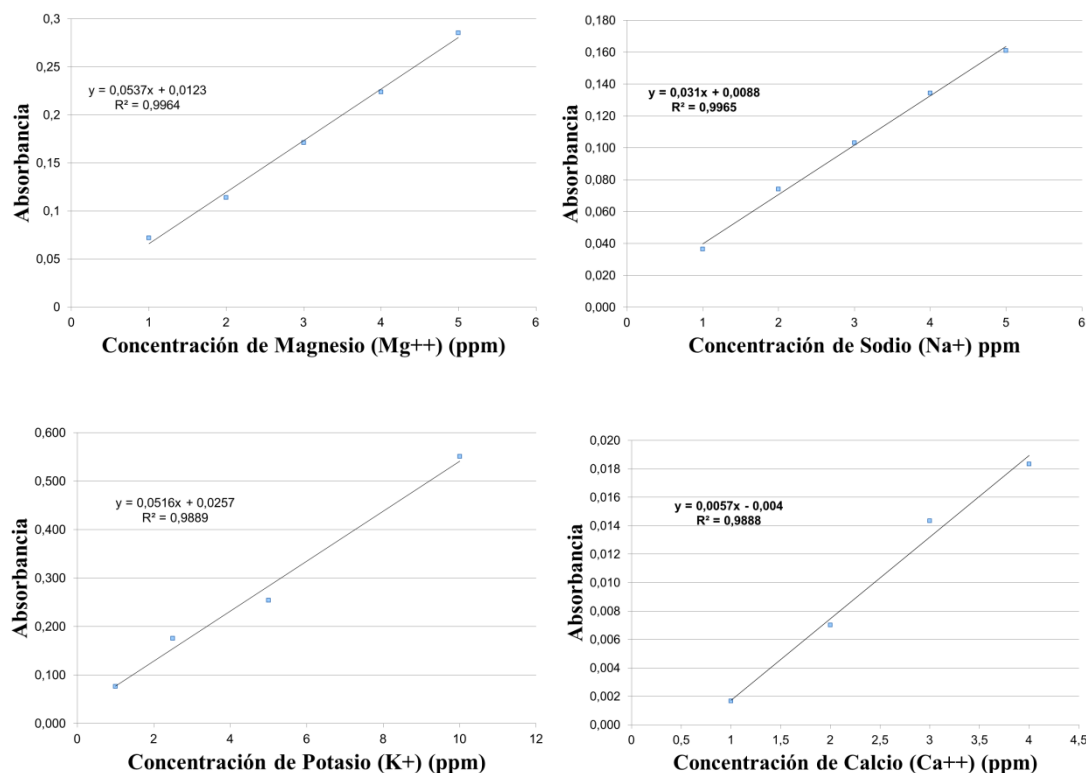


Figura 21. Curva de calibración de los cationes medidos en absorción atómica.

Procedimiento para el cálculo de la apreciación de la fertilidad de los suelos: con los resultados del análisis químico (Capacidad de intercambio catiónico, Bases totales, Saturación de Bases, Carbono orgánico, Nitrógeno total y Fósforo), y tomando en cuenta el cuadro 3 “Puntaje y Apreciación de la Fertilidad de Suelos” por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia, (IGAC, 1979 cit. Cortés y Malagón, 1983) se calculó la Fertilidad de los Suelos de la finca.

Cuadro 3. Puntaje y Apreciación de la Fertilidad de Suelos.

pH	Determinación Apreciación Puntaje	4.0 – 5.0 Muy ácido -5 a 1	5.0 – 5.5 Ácido 1 – 5	5.5 – 6.5 Ligeramente ácido 5 - 15	6.5 – 7.5 Casi neutro 15	> 7.5 Alcalino 15 a -5
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Determinación Apreciación Puntaje	0 – 5 Muy baja -5 a 1	5 – 10 Baja 1 - 5	10 – 20 Mediana 5 a 10	20 – 30 Alta 10 – 20	> 30 Muy Alta 20
Bases Totales (meq/100g)	Determinación Apreciación Puntaje	0 – 1 Muy baja -5 a 1	1 – 5 Pobre 1 a 5	5 – 10 Regular 5 a 10	10 – 30 Alta 10 a 20	> 30 Muy alta 20
Saturación de Bases (%)	Determinación Apreciación Puntaje	0 – 5 Muy baja -5 a 1	5 – 10 Baja 1 a 5	10 – 30 Mediana 5 a 10	30 – 60 Alta 10 a 20	> 60 Muy alta 20
Carbono Orgánico (%)	Determinación Apreciación Puntaje	0 – 1.0 Muy pobre -3 a 1	1.0 – 1.5 Pobre 1 a 3	1.5 – 2.5 Normal 3 a 5	2.5 – 4.0 Alto 5	> 4.0 Muy alto 5
Nitrógeno Total (%)	Determinación Apreciación Puntaje	0 – 0.10 Muy pobre -5 a 1	0.10 – 0.15 Pobre 1 a 5	0.15 – 0.25 Normal 5 a 15	0.25 -0.30 Alto 15	> 0.30 Muy alto 15
Fósforo (ppm)	Determinación Apreciación Puntaje	0 – 7.6 Muy pobre -5 a 1	7.6 – 15.1 Pobre 1 a 5	15.1 – 31.1 Regular 5 a 15	31.1 Alto 15	> 31.1 Muy alto 15
Fertilidad	PUNTAJE Suma de puntos 10 APRECIACIÓN	-5 a 2 MUY BAJA	3 a 5 BAJA	6 a 8 MODERADA	9 a 10 ALTA	> 10 MUY ALTA

Procedimiento para la elaboración de la cartografía digital: se descargó una imagen de *Google Eart* del año 2019 para identificar y ubicar espacialmente las zonas problemáticas evidenciadas en el área de estudio. Los puntos de muestreo fueron localizados en la imagen descargada y posteriormente se realizó la interpolación de los valores de fertilidad obtenidos con la aplicación del cuadro 3 generando el mapa de Apreciación de la fertilidad de los suelos de la finca “Juan Caraballo Calderín”, con el sistema de información geográfica utilizando la herramienta *spline* ya que este método es mejor para generar superficies que varían levemente.

Se elaboró un mapa de uso potencial agroturístico de la finca tomando en cuenta las áreas de fertilidad anteriormente delimitadas estableciendo una distribución de las posibles actividades agroturísticas que se pueden desarrollar en la finca. Se identificaron y cuantificaron los tipos de uso del suelo en el área de estudio, lo que

permitió evaluar los sitios más aptos para el desarrollo del proyecto agroturístico. Los insumos para la generación del mapa de uso fueron obtenidos a través del recorrido de campo para constatar los usos de la tierra y formaciones vegetales; y una imagen reciente que cubre la extensión del terreno en estudio.

Análisis estadístico univariado y multivariado: en primer lugar fueron descritas las características de una variable por vez mediante el análisis univariado de las muestras de suelo. Se empleó la estadística descriptiva para calcular medidas de tendencia central como promedio, media, máximos, mínimos; así como también, la desviación estándar y el coeficiente de dispersión con la implementación de la hoja de cálculo de Excel y el Software SPSS utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas y gráficas con data compleja. Luego de calcular la apreciación de la fertilidad de los suelos de la finca, se realizó el análisis multivariado de las áreas de fertilidad determinadas previamente para determinar si existe una relación significativa directa o inversa entre las variables.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Caracterización de la Finca “Juan Caraballo Calderín”

La finca “Juan Caraballo Calderín” se localiza en un área de relleno o depresión con dirección norte-sur, entre las poblaciones de La Asunción y Paraguachí específicamente en las faldas de los cerros Guayamurí y Matasiete. (figura 22). El relleno sedimentario donde se localiza el área de estudio, forma parte de un valle que se extiende desde aproximadamente el norte de La Asunción, hasta la terminación de Guarame-Paraguachí al este y los cerros Caribe, Las Guacharacas y Tragaplata al oeste.

El área de estudio se encuentra en el municipio Antolín del Campo en el extremo noreste del estado Nueva Esparta, el municipio Antolín del Campo cuenta con una superficie de 66 Km², lo cual representa el 5,7% del total del estado Nueva Esparta cuya extensión es de 1.150 Km². La finca de estudio se ubica geográficamente entre las coordenadas UTM: 1.227.079 N / 1.227.333 N y 407.145 E / 407.442 E. zona: 20 elipsoide: WGS 84 y ocupa un área de 57332 m². Limita por el norte con el sector Alto Rosa y con las fincas Rancho Alegre y la sucesión Cruz Caraballo; por el sur con las fincas restantes de la sucesión Juan Caraballo y los cerros Matasiete y Guayamurí; por el este con los cerros Guayamurí y Matasiete; y por el oeste con la calle Alto de la Rosa antigua, vía al cardón y con las finca de la sucesión Farías Moya.

Del mismo modo de acuerdo a su ubicación geográfica presenta diversas características físico-geográficas, las cuales se describen a continuación:

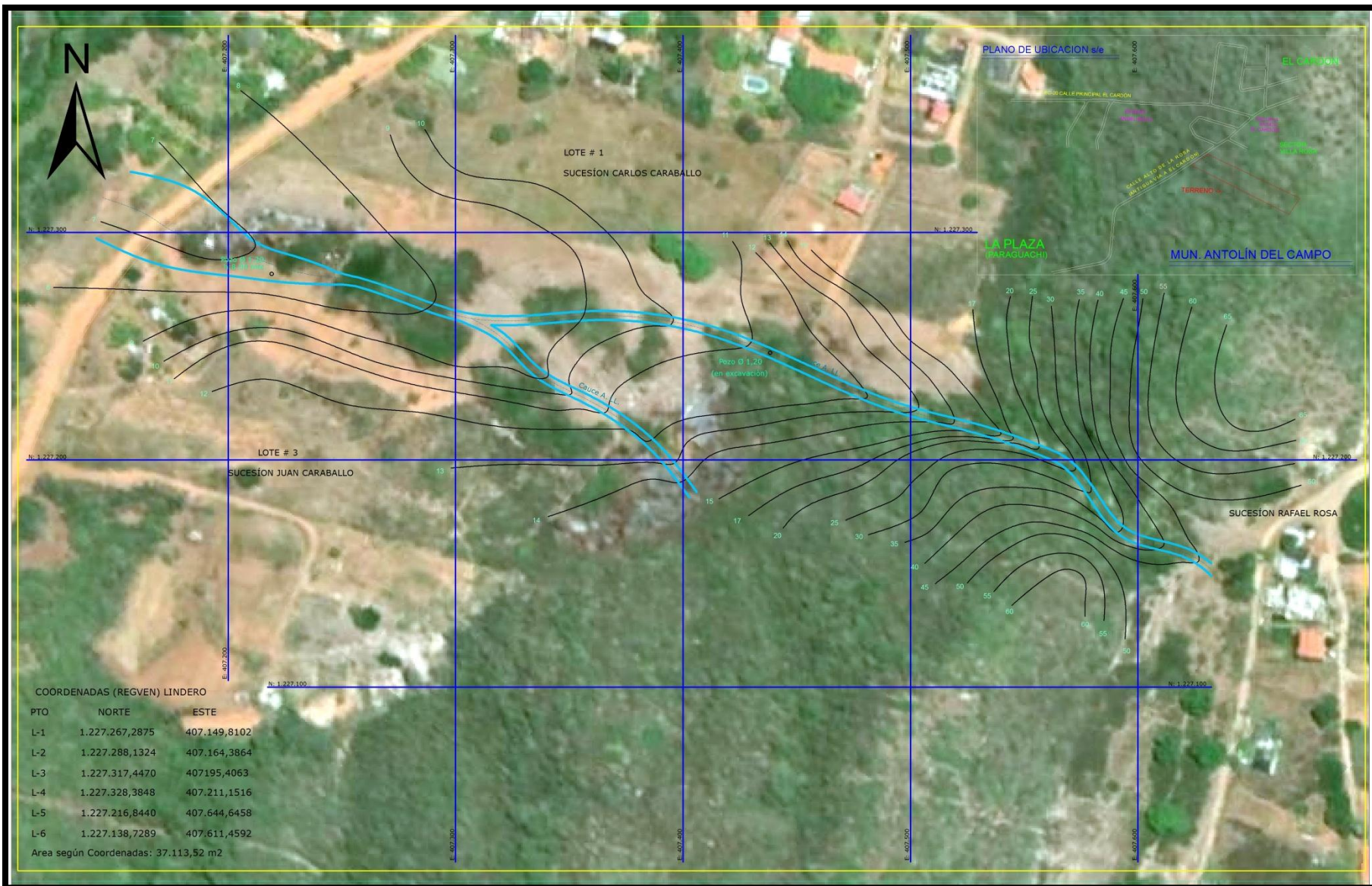


Figura 22. Localización del área de estudio.

Geomorfología: En el sector oriental de la Isla de Margarita se encuentra un núcleo montañoso con sus estribaciones, depresiones y áreas piedemontanas extensas originadas por procesos morfogenéticos diferentes (Fundación Empresas Polar, 2007). Específicamente, la topografía del área es semiplana, presentando pendientes inferiores al 5%, lo que indica pendientes muy bajas en los medios depositacionales de terraza marina y valles estrechos favoreciendo como lo menciona Jordán (2006) la el desarrollo en profundidad de los suelos. (Figura 23). Los valles principales están profundamente rellenos con aluviones, siendo relativamente planos y anchos, extendiéndose hasta el mar en extensas playas salitrosas (Taylor, 1960).

La acumulación sedimentaria presenta una compleja evolución morfogenética asociada a acumulaciones sedimentarias aluvionales y de actividad eólica, desarrollada durante el Cuaternario. Por la pendiente del terreno que varía entre 0° y 5° (Figura 23), se podría considerar que este relleno sedimentario podría relacionarse tentativamente con un glacis de acumulación o explayamiento. Su origen, se relaciona fundamentalmente con los procesos de ablación que experimentaron las rocas que circundan o afloran alrededor del área de acumulación. Esto probablemente ocurrió durante el Cuaternario, específicamente, durante la transición del Pleistoceno Tardío al Holoceno, donde las condiciones climáticas eran más secas que en la actualidad, por lo que los relieves que rodean este ambiente, quizás estaban desprovistos de poca vegetación facilitando los procesos de meteorización mecánica, erosión y escorrentía superficial.

Del mismo modo, se encuentra un relieve ondulado de colinas bajas de origen ígneo-metamórfico donde se presentan pendientes que pueden oscilar entre 10 y 20% (Figura 23), es decir, pendientes bajas y moderadas en donde se ven favorecidos los procesos de erosión, pudiendo originar suelos lépticos, poco profundos (Jordán, 2006).

Topográficamente, el área de estudio está limitada de este a oeste por los cerros Matasiete, Guayamurí y La Rinconada donde se extiende el valle de Paraguachí. El cerro Guayamurí se encuentra al norte del municipio con una altitud aproximada de 480 msnm., con forma cónica semejante a un volcán. El Cerro Matasiete, situado al noreste de La Asunción, alcanza su máxima altura a 660 msnm. Estos dos cerros presentan pendientes variadas que van desde 10% hasta mayores de 30%, lo cual indica la presencia de pendientes moderadas y muy altas (Figura 23).

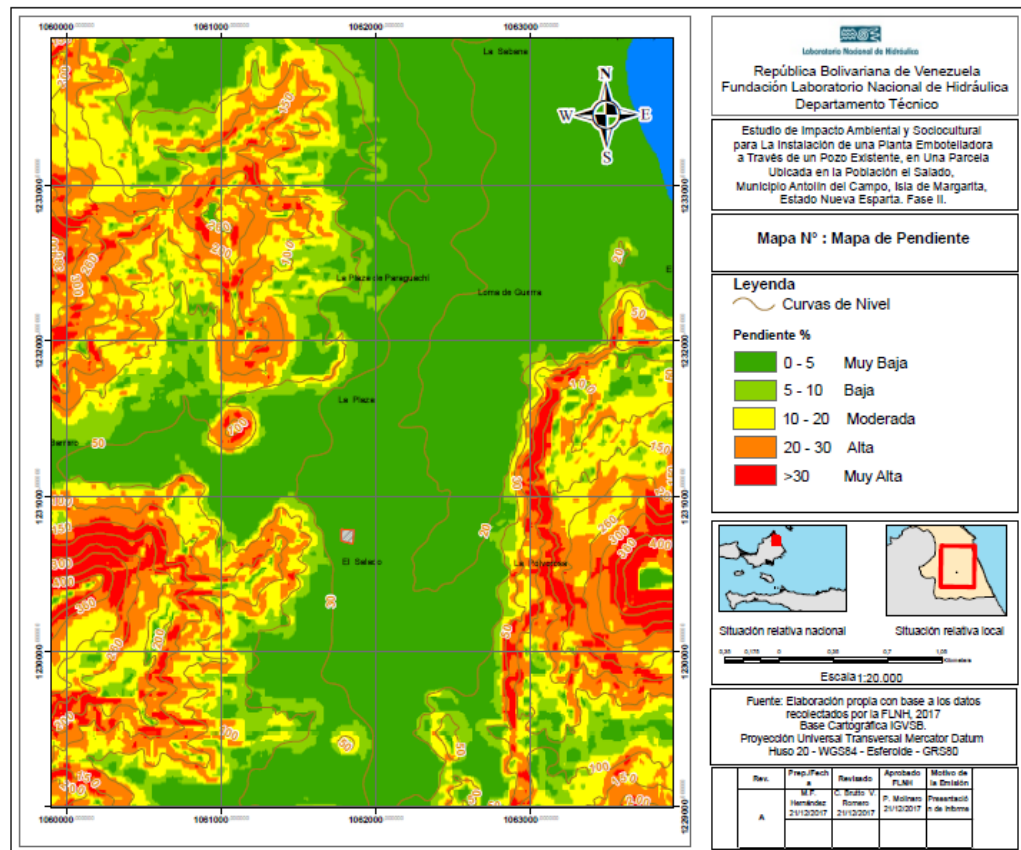


Figura 23. Mapa de Pendiente Regional del área de estudio, sector El Cardón (Tomado del Laboratorio Nacional de Hidráulica, 2018).

Geología: La litología del condiciona fuertemente las propiedades químicas y físicas del suelo poniéndose de manifiesto en propiedades como el color, la textura, la estructura, la acidez y otras muchas propiedades del suelo (Jordán, 2006). Las formaciones geológicas dominantes datan del Mioceno-Plioceno, hacia las terrazas; y del Mesozoico metamorfizado con inclusiones de intrusivas ácidas, hacia las colinas.

Geológicamente, en el área de estudio se encuentra aflorando un mosaico de formaciones rocosas de diferente edad. A continuación con base a la recopilación realizada por Rekowski y Rivas (2005) y lo establecido en el Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997) sobre la geología de la Isla de Margarita, se describen brevemente las características litológicas de las principales rocas que afloran alrededor del sector.

Formación Falca: Esta formación aflora a lo largo de la costa oriental de Margarita oriental, desde Pampatar hasta Manzanillo. Litológicamente, ha sido descrita como un depósito tipo manto constituido por arenas no consolidadas rojizas y marrón amarillento, las cuales se observan muy bien escogidas, de grano fino, angulares a sub-angulares, cuyo color rojizo se debe a la hematita y goetita. Estas arenas se observan aflorando a lo largo de la carretera de Paraguachí y en el sector el cardón. Las arenas maduras que sólo contienen minerales muy estables, como el cuarzo, aunque estén expuestas durante largo tiempo a la meteorización no aportan cationes básicos que permitan aumentar los nutrientes a los suelos que se desarrollan sobre ese tipo de sustrato (Jordán, 2006)

Metatrondjemita de Matasiete: Esta roca aflora en los flancos occidentales de los cerros Matasiete y Guayamurí (figura 24) y consiste principalmente de cristales de plagioclasa, en una matriz de cuarzo cataclástico. Los minerales ferromagnesianos que la componen, están alterados a epidoto, actinolita y clorita, y son rocas bandeadas blanquecinas con manchas verdosas de grano medio a grueso con una composición aproximada formada por plagioclasa oligoclasa y albita (60-70%), cuarzo (25%), muscovita (7%), epidoto (7%) y clorita (5%). En el área de afloramiento de la Metatrondjemita aparecen de forma aislada cuarcita, serpentinita, gneis cuarzo plagioclástico, esquisto cuarzo epidótico, esquisto plagioclástico cuarzoso, esquisto cuarzo micáceo epidótico y epidocita, y pueden encontrarse en esos lugares por razones de tectonismo. Estas rocas con abundantes minerales inestables con ayuda de los procesos de intemperización evolucionarán fácil y rápidamente para formar y aportar a la química de los suelos (Jordán, 2006).

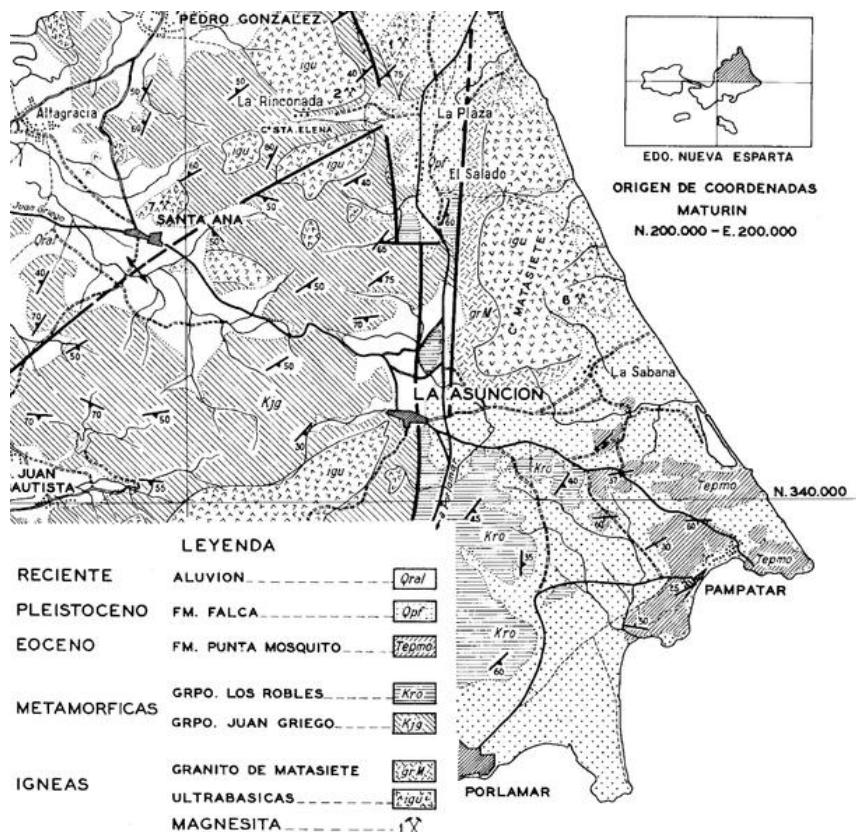


Figura 24. Geología y minería de los depósitos de Magnesita de la Isla de Margarita (Tomado de Herrera, 1967).

Suelos: La Fundación Empresas Polar (2007) menciona que los suelos son poco profundos, pedregosos con escaso desarrollo pedogenético, poca adición de materia orgánica y baja actividad química y biológica. Los suelos del Estado Nueva Esparta son el resultado de procesos de adición, pérdida o transposición de materiales en zonas áridas y de escasa vegetación. Son suelos delgados y pocos desarrollados, sujetos a intensos procesos erosivos acelerados por el sobrepastoreo, las oscilaciones del nivel del mar y la deforestación realizada para el aprovechamiento agrícola. Del mismo modo, Salcedo (2007) menciona que los suelos en las terrazas asociados a un clima árido, son de textura arenosa con acumulación de sales y arcillas en el subsuelo. En las zonas de piedemonte, los conos de deyección y materiales coluviales dan lugar a suelos muy pedregosos.

Clima: El clima es el principal agente de alteración química del suelo, así como de la fragmentación mecánica de determinados tipos de sustratos controlando los procesos que tienen lugar en el suelo y su intensidad (Jordán, 2006). La isla de Margarita, por encontrarse en una región insular, se ve afectada por diferentes factores climáticos tales como: la altura al nivel del mar, las condiciones oceánicas, los vientos alisios y los centros de presión. Vila (1960), señala dentro de la región marítima venezolana tres tipos de clima: el occidental, el central y el insular, a este último pertenece el clima de Margarita. Del mismo modo, este autor señala que Margarita se ve favorecida por los vientos del primer cuadrante durante el invierno boreal y la mayor cantidad de lluvia caída se produce de noviembre a marzo superando el 50% del total del año y pueden sobrepasar el 60% más que en los meses restantes.

El sector oriental de la isla donde se encuentra el bloque montañoso, es la zona de mayor precipitación, aunque presenta grandes variaciones (figura 25). Allí se pueden evidenciar núcleos de precipitación asociados a los cerros El Mico, Tragaplata, Matasiete y Guayamurí, con precipitaciones que oscilan entre los 400 y 1000 mm anuales. En las zonas bajas de los valles las precipitaciones son más escasas con una oscilación de 300 a 600 mm anuales.

En cuanto a la temperatura, en el estado Nueva Esparta existe una homogeneidad de las temperaturas en las zonas bajas con elevaciones por debajo de 100 msnm., presentando temperaturas por encima de los 27°C (Figura 2). En las zonas colinosas y montañosas (figura 26) ocurre un descenso progresivo de la temperatura con la altura y una adecuada distribución espacial presentando temperaturas entre 23°C y 25°C (Gutiérrez y Rodríguez, 2015). Estas temperaturas varían a lo largo del año, siendo los meses de Agosto, Septiembre y Octubre los que presentan valores más altos, y los meses de Diciembre, Enero y Febrero, los valores más bajos (Salcedo, 2007). Sin embargo, en los meses lluviosos pueden bajar hasta 26°C en promedio mensual; pero en los meses en que soplan las brisas, los vientos del primer cuadrante, la temperatura desciende notablemente (Vila, 1960).

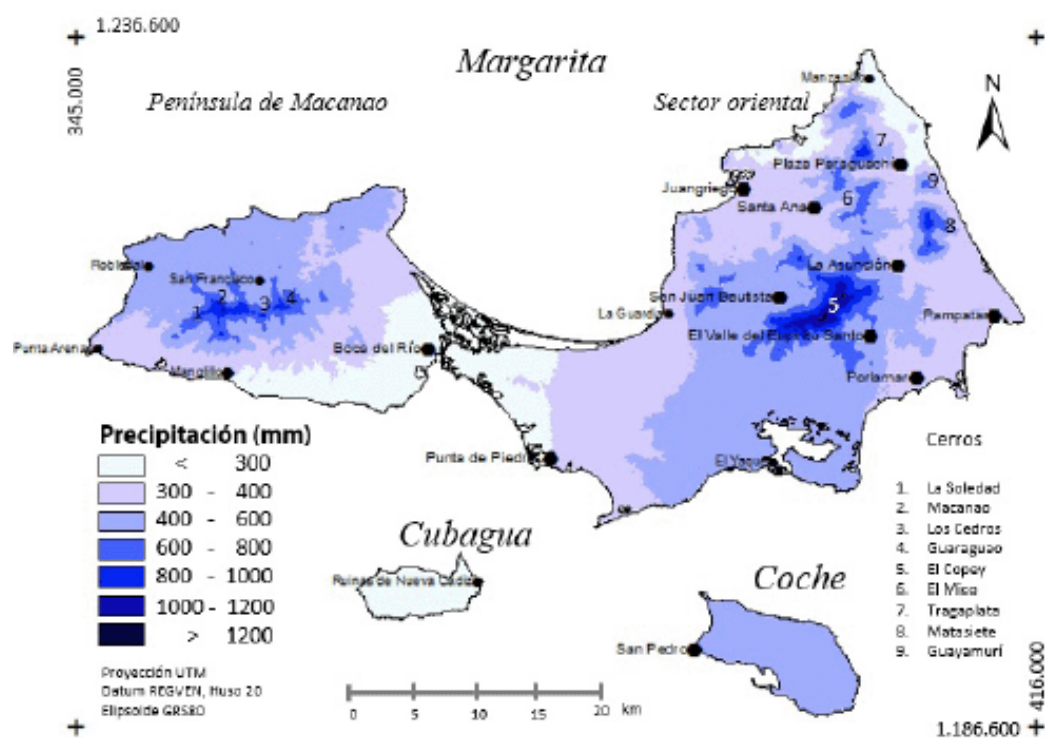


Figura 25. Precipitación de la Isla de Margarita (Gutiérrez y Rodríguez, 2015).

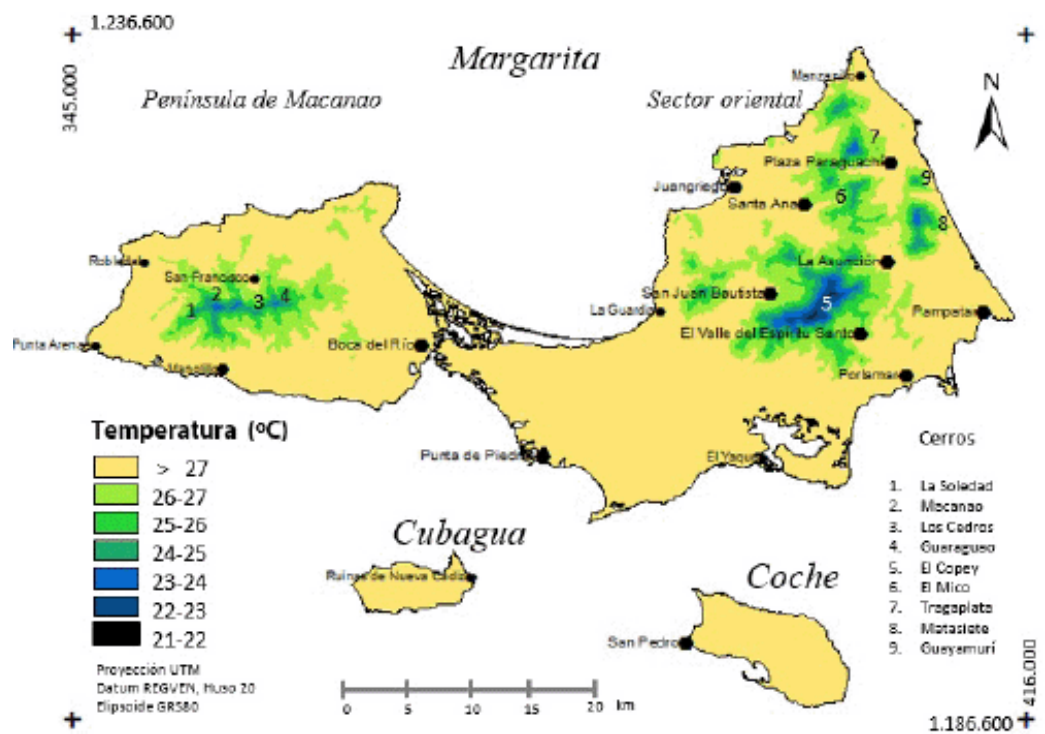


Figura 26. Temperatura de la Isla de Margarita. (Gutiérrez y Rodríguez, 2015).

Por tal motivo, de acuerdo a los valores de temperatura y precipitación mencionados anteriormente, Igualmente, existen áreas con climas subhúmedos relacionadas con los cerros que presentan elevaciones superiores a 500 msnm (Gutiérrez y Rodríguez, 2015). En el área de estudio predomina el clima semiárido, presentando un balance hídrico caracterizado por un déficit de agua durante todo el año específicamente lo que corresponde a las zonas bajas de las áreas montañosas.

Vegetación: En los ecosistemas semiáridos la vegetación natural usualmente se manifiesta como un mosaico que incluye un patrón de parches constituidos por agrupaciones vegetales con biomasa relativamente alta dispersos en una matriz de suelo carente de vegetación (Moncayo-Riascos y otros, 2018). En la isla de Margarita los efectos del clima y del suelo han generado un conglomerado de zonas de vida en el área (figura 27), los cuales comprenden desde la maleza desértica tropical, en las zonas bajas y secas, hasta el monte espinoso y el bosque seco tropical en zonas de mayor altura (Salcedo, 2005).

El "monte espinoso tropical" la vegetación está representada por arbustos grandes y cactáceas arborescentes, en donde la mayoría de las especies son espinosas y de hoja pequeña y coriácea. Sanz, Riveros, Gutiérrez y Moncada (2011) mencionan que “La unidad de vegetación más extensa en la isla de Margarita corresponde a los matorrales, en sus diversos grados de cobertura y composición florística, que cubren el 41% de la isla.” Igualmente, en las tierras bajas de la isla hay una predominancia de la vegetación xerofítica, destacándose los diferentes tipos de matorrales y cardonales asociados al clima semiárido, y en las zonas altas de los cerros se desarrolla vegetación siempre verde por la presencia de mayor humedad (González, 2007).



Figura 27. Vegetación presente en el sector El Cardón.

Las especies más representativas son olivos (*Olea europae*), dividive (*Caesalpinia coriaria*) y pardillo (*Cordia alliodora*), alrededor de los cerros Copey, Matasiete y Guaraguao. Los espinares y las malezas desérticas, formaciones dominantes del estado, ocupan las llanuras costeras. La vegetación característica en las zonas bajas es del tipo xerófila representada por guasábara (*Eugenia domingensis*), cardones (*Eugenia domingensis*), cactus (*Cactaceae*), cujíes (*Prosopis juliflora*) y tunas (*Opuntia ficus-indica*), entre otras. Hacia las zonas más altas la vegetación cambia a tipo montañosa con árboles grandes en altura, y hacia la costa la vegetación es escasa (Zerpa 1988, citado por Rekowski y Rivas, 2005). Estas especies durante los meses más secos se encuentran en estado latente, activándose durante los períodos de lluvias originando una variedad en la vegetación dispersa denominado islas de fertilidad (Moncayo-Riascos y otros, 2018).

Hidrografía: El drenaje principalmente en la isla es de tipo dendrítico, originándose desde las serranías montañosas, desplazándose por las laderas hasta desembocar en el Mar Caribe. En la isla de Margarita no existen ríos perennes sino más bien cursos de aguas que se activan durante las épocas de lluvia, permaneciendo secos durante casi todo el año (Salcedo, 2007). Por su parte, Rekowski y Rivas (2005) también mencionan que “los ríos presentan un régimen de escurrimiento bastante irregular, presentándose secos la mayor parte del año y torrenciales por cortos períodos, típicos de zonas de baja pero intensa y concentrada precipitación anual”. Del mismo modo, en la isla existen numerosas quebradas intermitentes las cuales drenan de oeste a este desde la zona colinosa del municipio Antolín del Campo. Específicamente en el sector El Cardón se encuentran quebradas intermitentes las cuales de acuerdo a las características del material transportado se puede inferir que presentan un caudal torrencial durante las épocas de lluvias (figura 28).

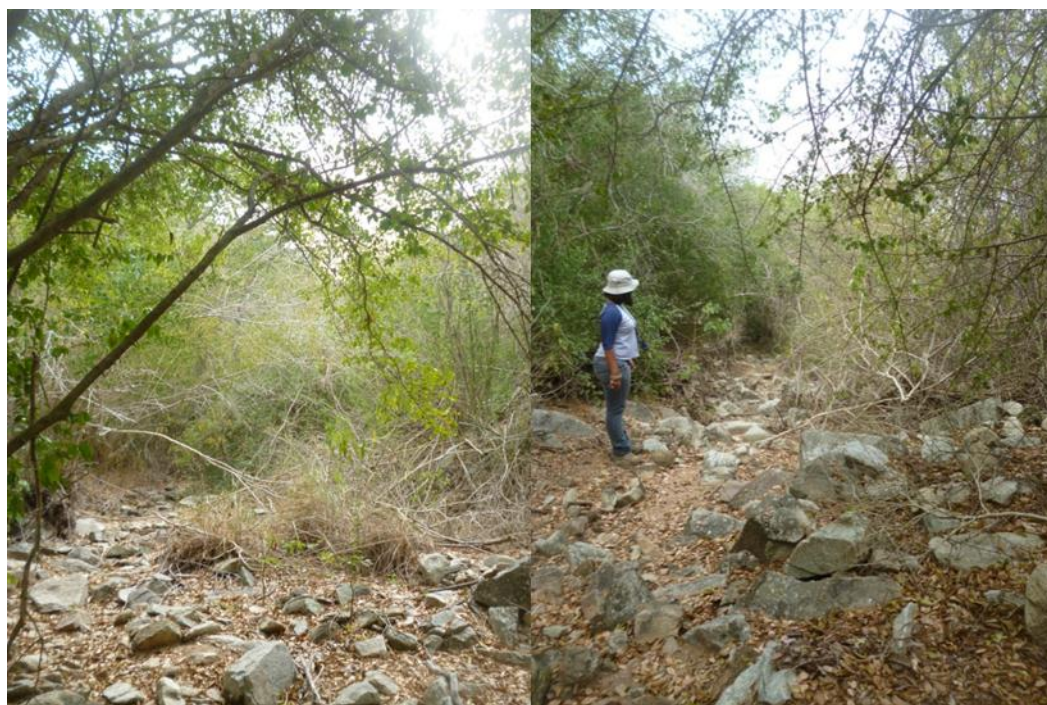


Figura 28. *Quebradas intermitentes presentes en el sector El Cardón.*

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de los suelos son importantes para su productividad, ya que proporcionan condiciones adecuadas para el desarrollo favorable de las raíces de las plantas determinando según Donahue y otros (1981) la disponibilidad de oxígeno y la movilidad del agua a través del suelo. Igualmente, es fundamental conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas (Pinzón, 2018), ya que la productividad de un suelo no sólo depende de sus contenidos nutrimentales, sino también, de las condiciones físicas del mismo (Flores y Alcalá, 2010). En esta investigación se consideraron las propiedades físicas tales como la textura, el color, la estructura y la consistencia de los suelos analizados.

La textura es la composición granulométrica del suelo, e indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla (Villasanti, Román y Pantoja, 2013). El análisis granulométrico de las muestras analizadas se presenta en el cuadro 4, obteniendo como resultados que en las 16 muestras (100%) las partículas de arena son las más abundantes predominando la clase textural Franco Arenoso en 9 muestras (56%), los suelos arenosos en 6 muestras (38%) y arenoso franco en una muestra (6%). Los porcentajes de arena oscilan entre valores máximo de 96% (arenoso) y mínimo 48% (franco arenoso), a su vez, los porcentajes de limo varían entre mínimo 2% (arenoso) y máximo 42% (franco arenoso). Por su parte, los porcentajes de arcilla son muy bajos con respecto a las fracciones de arena y limo, presentando valores máximos de 12% (franco arenoso) y mínimo de 2% (arenoso).

Cuadro 4. *Textura de las muestras de suelo del área de estudio.*

Muestra	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase textural
1	74,00	14,00	12,00	Franco arenoso
2	66,00	28,00	6,00	Franco arenoso
3	76,00	20,00	4,00	Franco arenoso
4	90,00	8,00	2,00	Arenoso
5	74,00	20,00	6,00	Franco arenoso
6	56,00	36,00	8,00	Franco arenoso
7	68,00	24,00	8,00	Franco arenoso
8	94,00	4,00	2,00	Arenoso
9	78,00	18,00	4,00	Arenoso Franco
10	90,00	8,00	2,00	Arenoso
11	92,00	6,00	2,00	Arenoso
12	92,00	6,00	2,00	Arenoso
13	60,00	34,00	6,00	Franco arenoso
14	48,00	42,00	10,00	Franco arenoso
15	56,00	36,00	8,00	Franco arenoso
16	96,00	2,00	2,00	Arenoso

Estas arenas podrían estar relacionadas con la Formación Falca, formada principalmente por partículas de arena mineralógicamente compuestas con más del 98% de cuarzo (Taylor, 1960), lo que podría indicar una muy baja presencia de minerales fácilmente intemperizables. El cuarzo denominado resistato, es decir, un mineral primario muy estable, no genera ningún mineral arcilloso trayendo como consecuencia la disminución de la fertilidad química del suelo debido al aumento de la acidez y la disminución de la capacidad de intercambio catiónico al no liberar base alguna (de Dagua, 2001). Por otra parte, la presencia de minerales secundarios como la caolinita en la Formación Falca (Taylor, 1960) disminuye el comportamiento químico en los suelos arenosos propiciando una baja capacidad de absorción y almacenamiento de nutrientes para las plantas (de Dagua, 2001). Físicamente estos suelos de textura arenosa son ligeros debido a su escasa plasticidad (Gisbert, Ibañez y Moreno, 2010) evidenciándose en algunas propiedades físicas de las muestras analizadas en las que existe baja consistencia y estructuras parcialmente formadas (cuadro 5).

Cuadro 5. Propiedades físicas cualitativas de los suelos estudiados.

M	Color	Estructura	Consistencia			
			Dureza	Friabilidad	Plasticidad	Adhesividad
1	7.5 YR 4/6 Marrón Fuerte	Sub-Angular Gruesa	Ligeramente Duro	Muy Friable	Moderadamente Plástico	Ligeramente Adhesivo
2	2.5 Y 4/2 Marrón Oscuro Grisáceo	Sub-Angular Gruesa	Duro	Friable	Moderadamente Plástico	Adhesivo
3	2.5 Y 4/3 Marrón Oliva	Sub-Angular Gruesa	Ligeramente Duro	Muy Friable	Moderadamente Plástico	Ligeramente Adhesivo
4	10 YR 3/6 Marrón Amarillento Oscuro	Sub-Angular Gruesa	Blando	Muy Friable	No plástico	Ligeramente Adhesivo
5	10 YR 4/4 Marrón Amarillento Oscuro	Sub-Angular Gruesa	Ligeramente Duro	Muy Friable	Moderadamente Plástico	Ligeramente Adhesivo
6	10 YR 5/3 Marrón	Sub-Angular Gruesa	Moderadamen te Duro	Friable	Moderadamente Plástico	Ligeramente Adhesivo
7	10 YR 4/3 Marrón Oscuro	Sub-Angular Media	Moderadamen te Duro	Friable	Moderadamente Plástico	Ligeramente Adhesivo
8	7.5 YR 4/6 Marrón Fuerte	Sub-Angular Gruesa	Blando	Muy Friable	No Plástico	Ligeramente Adhesivo
9	10 YR 4/2 Marrón Oscuro Grisáceo	Sub-Angular Gruesa	Moderadamen te Duro	Friable	Ligeramente Plástico	Ligeramente Adhesivo
10	5 YR 5/8 Rojo Amarillento	Sub-Angular Gruesa	Blando	Muy Friable	Muy Plástico	Adhesivo
11	5 YR 4/6 Rojo Amarillento	Sub-Angular Gruesa	Blando	Muy Friable	Ligeramente Plástico	Ligeramente Adhesivo
12	7.5 YR 4/4 Marrón Oscuro	Sub-Angular Gruesa	Blando	Muy Friable	No Plástico	Ligeramente Adhesivo
13	10 YR 5/2 Marrón Grisáceo	Sub-Angular Fina	Moderadamen te Duro	Friable	Moderadamente Plástico	Adhesivo
14	10 YR 4/3 Marrón Oscuro	Sub-Angular Fina	Blando	Muy Friable	Ligeramente Plástico	Ligeramente Adhesivo
15	10 YR 5/2 Marrón Grisáceo	Sub-Angular Gruesa	Moderadamen te Duro	Friable	Ligeramente Plástico	Adhesivo
16	5 YR 5/6 Rojo Amarillento	Sub-Angular Gruesa	Blando	Muy Friable	No Plástico	Ligeramente Adhesivo

Del mismo modo, la textura gruesa de los suelos analizados pueden presentar de acuerdo con lo planteado por el INIA (2015) presenta una buena aireación permitiendo el desarrollo radicular, son permeables al agua, fácilmente trabajables, sueltos, livianos, pero de baja fertilidad debido a que los nutrientes son drenados rápidamente por la pérdida de agua (Donahue y otros, 1981). Podría esperarse que estos suelos por ser arenosos tengan baja fertilidad debido principalmente a la baja capacidad de retención y suministro de agua de los suelos, generando una baja acumulación de materia orgánica y nutrientes que no son aprovechables por las plantas por la velocidad con la que el agua se drena ocasionando un desarrollo pobre de los cultivos (Casanova, 2005).

El color del suelo es una propiedad física que permite determinar la composición y las condiciones pasadas y presentes de exposición del suelo (Vargas, 2009). Esta propiedad física del suelo, comúnmente es utilizada para inferir el contenido de ciertos minerales en el suelo, basado en que los minerales férricos proveen la mayor variedad de pigmentos (Ovalles, 2003). El color como lo menciona Domínguez y otros (2012) guarda una estrecha relación con los componentes sólidos (materia orgánica y composición mineralógica), por lo cual se debe tomar en cuenta a la hora de analizar para conocer ciertas condiciones de fertilidad de los suelos.

En 13 muestras analizadas (81%), predominan los colores oscuros (cuadro 5), ya que el horizonte superficial del suelo es comúnmente más oscuro por su alto contenido de humus con respecto a los demás horizontes (Flores y Alcalá 2010). Para el caso de los suelos analizados el color que prevalece es el color marrón en diferentes tonalidades (cuadro 5, ver figura 29), debido a las variaciones que presentan las muestras de suelo en el matiz y croma.

Las tonalidades marrones de los suelos analizados se relaciona con la presencia de materia orgánica y del mineral Goethita (FeO-OH) proveniente de las arenas no consolidadas rojizas y marrón amarillento de la Formación Falca. Sin embargo, se observaron algunas tonalidades grises en las muestras 13 y 15 (10 YR 5/2 marrón

grisáceo) 9 (10YR 4/2 marrón oscuro grisáceo) y 2 (2.5Y 4/2 marrón oscuro grisáceo), dichas tonalidades grises pueden ser originadas por la presencia de cuarzo (Ovalles, 2003). Del mismo modo, la materia orgánica produce tonos más o menos grises hasta el negro generado por el revestimiento de partículas finas de materia orgánica humificada y presenta un efecto mucho más marcado en suelos arenosos (Garrido, 1994). Por su parte, el Instituto Nacional Tecnológico (2016) explica que el color marrón se relaciona con condiciones de materia orgánica ácida parcialmente descompuesta y combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos, esta coloración es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos presentes en la zona de estudio y se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo cuestión que puede estar ocurriendo en la finca de estudio.



Figura 29. *Coloraciones de las muestras de suelos secas.*

A pesar de que la mayoría de las muestras presentan las coloraciones ya descritas, 3 muestras (19%) poseen un color rojo amarillento (5 YR 5/8, 5 YR 4/6, 5 YR 5/6). Esta coloración principalmente está determinada por los óxidos de hierro (Vargas, 2009) provenientes del material parental, coincidiendo con lo que establece Flores y Alcalá (2010) que los suelos tienden a heredar el color del material parental, en este

caso de las arenas no consolidadas rojizas de la Formación Falca. Así mismo, estas tonalidades son propias de suelos desarrollados en condiciones fuertemente aeróbicas, de zonas tropicales y subtropicales y es producido por la hematita (Fe_2O_3) y sus precursores. El grado de oxidación en que se encuentre el hierro generará que los suelos disminuyan o aumenten su coloración rojiza, cuando el drenaje permite la aireación y las condiciones de humedad y temperatura son favorables para la actividad química (Garrido, 1994).

Igualmente, las coloraciones rojizas se asocian a procesos de alteración de los materiales parentales bajo condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, niveles bajos de fertilidad del suelo, bajos valores de pH y ambientes donde predominan los procesos de oxidación (Instituto Nacional Tecnológico, 2016). En el área de estudio los factores de formación del suelo como el material parental, la vegetación y el clima, son los que definen mayormente la coloración de los suelos. El color del suelo no tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, pero indirectamente afecta la temperatura y la humedad del mismo. Mientras mayor cantidad de energía calorífica se encuentre en el suelo, se tendrá una mayor temperatura pudiendo ocasionar mayores procesos de evaporación y menos disponibilidad de agua tomando en cuenta las condiciones semiáridas presentes en el área de estudio, lo cual disminuiría las características de fertilidad.

La estructura de los suelos es una propiedad física que se refiere a la forma como las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) se encuentran naturalmente unidas formando agregados o terrones de diferentes formas y tamaños. La estructura del suelo es la arquitectura del suelo, es decir, es la forma en que las partículas sólidas y los espacios están ordenados. Esta asociación de partículas es posible por la acción cementante de sustancias coloidales como: arcilla, humus y óxidos (Villaseñor, 2015). Por otra parte, Torres y otros (2013) mencionan que la agregación del suelo es el resultado de la floculación, cementación y el reacomodo de las partículas del mismo y es controlada por el contenido de materia orgánica del suelo y el contenido

de arcillas y carbonatos (Torres y otros, 2013). Así mismo, Villasanti, Román y Pantoja (2013) mencionan que “la estructura es un indicador primario de la salud del suelo”, lo cual muestra la importancia de la realización de este tipo de análisis.

En ese sentido, los suelos analizados presentan un predominio de la estructura subangular (Cuadro 5), es decir, agregados que se asemejan a cubos imperfectos con aristas parcialmente redondeadas tal y como describen Donahue y otros (1981). La estructura subangular gruesa predomina en 13 muestras (81%) y la subangular media en 3 muestras (19%), de grado moderado ya que los agregados se encuentran bien formados, diferenciados y al momento de extraer las muestras el material edáfico se rompió en una mezcla de varios agregados, algunos rotos y poco material no agregado.

La estructura subangular presenta poliedros de caras planas y redondeadas con la carencia de ángulos agudos (figura 30), estos bloques relativamente grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua. El grado de estructura del suelo da una idea de su permeabilidad y capacidad de aireación. Los suelos bien estructurados suelen tener mejores propiedades hídricas, mayor permeabilidad, mejor aireación y están mucho más defendidos contra la erosión (Garrido, 1994). Este tipo de estructura es característica de horizontes superficiales muy pobres en arcilla (cuadro 4) y materia orgánica (Cuadro 6), debido a que si la actividad microbiana disminuye, la formación de agregados también se verá afectada (Torres y otros, 2013), como es el caso de las muestras analizadas en este estudio. Así mismo, la estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión.



Figura 30. A, B, C Y D: *Estructura Subangular de grado moderado.*

La estructura del suelo y su estabilidad juegan un rol fundamental en muchos procesos del suelo y su interacción con las plantas: erosión, infiltración de agua, exploración radicular, aireación y resistencia mecánica (Rucks y otros, 2004). La estructura subangular de los suelos analizados presentan un desarrollo adecuado para el funcionamiento del suelo, debido a que regula el flujo de agua, nutrientes y el almacenamiento y el flujo de gases, aumentando la fertilidad del suelo gracias a la actividad y desarrollo de los organismos vivos (Torres y otros, 2013). Este tipo de estructura aumenta la fertilidad de los suelos porque permite el movimiento del aire y del agua en el suelo y las raíces de las plantas alcanzarán un buen desarrollo (Villasanti, Román y Pantoja, 2013)

La consistencia es una propiedad física definida como la resistencia que opone el suelo a ser deformado por las fuerzas que se aplican sobre él (Jaramillo, 2002). La consistencia es una propiedad utilizada para determinar el momento adecuado para realizar la labranza y estimar el contenido en humedad del suelo mediante el tacto (Jordán, 2006). Por otra parte, Malagón (1982) lo define como “la cohesión entre

partículas del suelo y la adhesión de este a otras sustancias”. La adhesión se entiende como la atracción de materiales desiguales, manteniéndose unidas con mayor o menor firmeza por sus superficies adyacentes, y la cohesión es la atracción de sustancias con características muy similares. Esta propiedad del suelo varía con la textura, materia orgánica, el total de materia coloidal, estructura, contenido de humedad (Rucks y otros, 2004) y se determina a través de otras propiedades físicas como la dureza, friabilidad, plasticidad y adhesividad.

La consistencia del suelo depende de la textura, tipo y contenido de los coloides orgánicos y minerales, principalmente, del contenido de humedad del suelo (Flores y Alcalá, 2010). El análisis reflejado en el cuadro 5 evidenció de forma general que 9 de las muestras son ligeramente duras (56%) y 7 blandas (44%), esto puede corresponderse con los valores granulométricos obtenidos, ya que los suelos son arenosos y presentan porcentajes de arcilla muy bajo. En cuanto a la friabilidad, plasticidad y adhesividad de las muestras de los suelos analizados se pueden resumir en predominantemente como muy friables (10 muestras, 63%), moderadamente plásticos (7 muestras, 44%) y ligeramente adhesivos (12 muestras, 75%). El comportamiento de la adhesividad, friabilidad y plasticidad se relaciona con el bajo porcentaje de arcilla y materia orgánica presentes en las muestras de suelo, ya que la consistencia depende, directamente, de los contenidos de humedad y de materia orgánica del suelo, así como de su contenido y tipo de arcilla (Jaramillo, 2002). Las muestras friables, con moderada plasticidad y poca adhesividad presentan consistencia óptima desde el punto de vista agronómico, esta característica es representativa de los suelos franco arenosos y con un contenido adecuado de materia orgánica (Jordán, 2006).

Desde el punto de vista de fertilidad, esta propiedad está muy relacionada con el efecto del laboreo del suelo en la compactación, el encostramiento superficial y la reducción del espacio vacío disponible para el desarrollo de las raíces en el suelo, es decir, permite predecir problemas de cultivos y adaptación (Jaramillo, 2002; Donahue y otros, 1981). Los suelos analizados no presentaron valores extremos en los ensayos

de consistencia realizados, lo cual indica una menor dificultad para el desarrollo de las plantas y una alta condición física para el desarrollo de la fertilidad (Flores y Alcalá, 2010).

Propiedades Químicas

La caracterización química genera la mayor cantidad de información vinculada con la fertilidad actual de los suelos (Malagón, 1982). Esta caracterización química del suelo consiste principalmente en la capacidad que tiene el suelo en suministrar condiciones y nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por tal motivo, la química del suelo es estudiada con el fin de mejorar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas y evitar toxicidades de algunos elementos (Donahue y otros, 1981). Los resultados de las principales propiedades químicas de los suelos estudiados se presentan a continuación en el cuadro 6.

Cuadro 6. *Propiedades químicas de los suelos estudiados.*

N°	P (ppm)	MO (%)	N (%)	C (%)	Cationes Intercambiables (meq/100g)				Bases Totales (meq/100g)	Saturación de Bases (%)	CIC (meq/100g)	pH (H ₂ O)
					Na+	Mg ⁺⁺	K+	Ca ⁺⁺				
1	2,52	1,18	0,06	1,02	0,58	1,01	0,05	0,11	1,751	42,2	4,15	6
2	3,78	2,78	0,14	2,42	0,18	0,77	0,04	0,16	1,151	17,8	6,46	6,7
3	1,73	1,10	0,06	0,96	0,14	0,56	0,07	0,10	0,866	30,8	2,81	7,7
4	3,31	1,40	0,07	1,21	0,07	0,39	0,05	0,10	0,607	19,7	3,09	7,4
5	3,05	1,38	0,07	1,20	0,09	0,65	0,03	0,11	0,881	24,1	3,66	6,5
6	4,36	2,37	0,12	2,07	0,20	1,12	0,07	0,16	1,545	26,0	5,95	7,4
7	1,73	2,51	0,13	2,18	0,20	1,37	0,04	0,15	1,774	28,5	6,21	6,4
8	3,31	1,41	0,07	1,23	0,10	0,81	0,06	0,18	1,152	36,8	3,13	6
9	3,15	1,62	0,08	1,41	0,10	0,41	0,05	0,18	0,735	19,2	3,83	6
10	4,10	1,48	0,07	1,29	0,04	0,18	0,03	0,10	0,357	10,9	3,27	6
11	1,37	2,10	0,11	1,83	0,05	0,53	0,03	0,10	0,706	15,7	4,50	7,7
12	1,89	1,30	0,06	1,13	0,25	0,84	0,05	0,18	1,322	45,6	2,90	6,4
13	2,10	2,52	0,13	2,20	0,34	0,89	0,06	0,18	1,475	24,8	5,95	7
14	4,36	4,39	0,22	3,82	1,01	1,57	0,07	0,18	3,932	38,3	10,27	7
15	4,88	2,06	0,10	1,79	0,10	1,03	0,02	0,18	1,329	25,0	5,31	6,9
16	1,58	1,30	0,06	1,13	0,17	0,72	0,06	0,15	1,109	38,3	2,90	7

Por otra parte en el cuadro 7 se presenta una descripción estadística de las variables químicas para el análisis univariado de las muestras.

Cuadro 7. Estadística descriptiva de las propiedades químicas del suelo.

Propiedad	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Fósforo	ppm	1,37	4,88	2,9513	1,13733	38,54
Materia orgánica	%	1,10	4,39	1,9313	0,85227	44,13
Nitrógeno orgánico	%	0,06	0,22	0,0969	0,04362	45,03
Carbono orgánico	%	,96	3,82	1,6806	0,74261	44,19
Relación C/N	-----	17,39	17,40	17,3988	0,00342	0,02
Sodio (Na ⁺)	meq/100g	0,04	2,11	0,2950	0,50214	170,22
Magnesio (Mg ²⁺)	meq/100g	0,18	1,57	0,8031	0,36439	45,37
Potasio (K ⁺)	meq/100g	0,02	0,07	0,0488	0,01586	32,54
Calcio (Ca ²⁺)	meq/100g	0,10	0,18	0,1450	0,03502	24,15
Bases totales	meq/100g	0,36	3,93	1,2933	0,81375	62,92
Saturación de Bases	%	10,90	45,60	27,7313	10,13402	36,54
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g	2,81	10,27	4,6494	1,98652	42,73
pH en H ₂ O	-----	6,00	7,70	6,7813	0,57180	8,43

El pH constituye una de las propiedades química más sencilla que se puede efectuar en los suelos, proporcionando datos valiosos sobre diversos aspectos tales como su composición, génesis y fertilidad (González y otros, 2003). El pH representa una de las características más importantes del suelo para lograr mantener una fertilidad adecuada, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas. La reacciones que ocurren en el suelo condicionan la vida de los microorganismos y los importantes procesos en que ellos intervienen, también determina la mayor o menor asimilabilidad de muchos elementos químicos que para la planta son esenciales (Navarro y Navarro, 2003). Del mismo modo, Adams (1995) explica que los suelos pueden presentar variaciones naturales del pH dependiendo de los iones predominantes en el ambiente de la solución del suelo, pudiendo alcanzar valores desde los 4 hasta los 11.

Los valores obtenidos de pH se observan en el cuadro 6 y son descritos tomando en cuenta los rangos propuestos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-2000). Como se observa en el cuadro 7. En promedio las muestras analizadas presentan un pH casi neutro de 6,7 unidades, con una desviación estándar de 0,57 y un coeficiente de variación con respecto a la media de 8,43% indicando que las muestras son muy homogéneas en cuanto al pH ratificando lo establecido por Cox y otros (2006), quienes mencionan que el pH es una de las propiedades químicas del suelo que menos varía, con un coeficiente de variación que oscila entre 2 a 15% y se debe a que se mide en escala logarítmica y, por consiguiente, se reduce la expresión de la variabilidad,

De las muestras analizadas sólo 7 (43%) presentan un pH moderadamente ácido ya que los valores varían entre 6 y 6.5 unidades (cuadro 6). Estos valores obtenidos pueden estar relacionados con la presencia de grupos orgánicos funcionales en la materia orgánica lo que origina una disminución del pH en los suelos que muestran una tendencia alcalina (Malagón, 1982; Martínez y otros, 2003). Igualmente, estos valores de pH pueden relacionarse con el hecho de que estos suelos son relativamente jóvenes y se desarrollan sobre sustratos relativamente ácidos, ya que como se mencionó anteriormente la Formación Falca, compuesta por arenas de cuarzo es una formación geológicamente joven y de acuerdo con su composición química no hay liberación de bases lo que conlleva a una disminución en la saturación del complejo de intercambio y acidificación de suelos (de Dagua, 2001; Vázquez, 2005).

A pesar de que la mayoría de los suelos son arenosos, permeables y las bases pueden ser lixiviadas fácilmente intensificando así los procesos de acidificación del suelo, en el área de estudio no se presentan valores extremos de acidez ni de alcalinidad debido a las características climáticas semiáridas, ya que las condiciones de acidez del suelo se evidencian comúnmente en regiones húmedas tropicales, mientras que la condición alcalina predomina en suelos de regiones secas tropicales (Osorio, 2012). En este caso 5 muestras (31%) presentan un pH casi neutro con valores que oscilan entre 6,7 y 7 unidades, y 4 muestras (25%) presentan valores

medianamente alcalinos con valores entre 7,4 y 7,7 unidades (cuadro 6). Estos pH mencionados guardan relación con las condiciones de aridez presentes en el área de estudio, debido a que la escasa pluviometría genera que en el complejo de cambio se acumulen ciertas bases. Casanova (2005) menciona que los suelos de regiones áridas presentan un alto valor en saturación de bases debido a que los cationes que no se lavan o lixivian se acumulan, sin embargo para esta investigación la saturación de bases se encuentra en rangos bajos y medios (cuadro 6), lo cual se profundizará más adelante.

En cuanto a fertilidad diversos autores señalan los rangos óptimos de pH para que los cultivos puedan desarrollarse de manera efectiva. Prasad y Power (1997) mencionan que el pH óptimo de los suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad, ya que dentro de ese rango los nutrientes son fácilmente asimilables. Igualmente, a pesar de que las especies de plantas cultivadas tienen ciertas diferencias en cuanto al pH en que se desarrollan mejor, existirá una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas a pH del suelo entre 6.0 y 7.0 (Toledo, 2016; Navarro y Navarro, 2003).

Las muestras con pH casi neutros se encuentran en los rangos donde los nutrientes podrían ser fácilmente asimilables mejorando la fertilidad de los suelos, ya que son condiciones adecuadas para la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Osorio, 2012). Existe un mayor aprovechamiento del fósforo en estos rangos, y los elementos como nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, calcio y magnesio se pueden hacer menos solubles cuando los suelos son más ácidos o más alcalinos (Bravo, 2000; Toledo, 2016; y Casanova, 2005). Por tal motivo, si los suelos analizados presentan valores adecuados de los nutrientes mencionados, los mismos serán aprovechados para el desarrollo de los cultivos en este rango de pH lo que incrementaría la fertilidad de los suelos estudiados.

En la medida en que el pH se incrementa por encima de 7 unidades, volviéndose más alcalino, la disponibilidad de nutrientes se reduce, limitándose fuertemente el

crecimiento de las plantas (Toledo, 2016). Por otra parte, la abundancia de iones OH⁻ produce la precipitación de compuestos insolubles volviéndose no disponibles para su absorción por las raíces de las plantas (Osorio, 2012). Cuando los suelos son alcalinos presentan niveles altos de Ca, Mg, pero en este caso la base que predomina es el magnesio y sodio, y el Na puede ser un factor limitante para el desarrollo de cultivos (Bravo, 2000). Es decir, estos rangos de pH por encima de 7 unidades podrían presentar limitantes en cuanto a la fertilidad, ya que existe una baja disponibilidad de Fósforo como se describirá más adelante y de otros micronutrientes.

El Carbono Orgánico (C) del suelo puede encontrarse en diversas formas; desde residuos orgánicos vegetales con poca alteración, hasta microorganismos en forma de humus (Jackson, 1964). Matus y otros (2000) explican que es importante conocer la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) para entender el flujo del carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo. En el caso de la MOS esta tiene gran influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, y por ello es fundamental conocer el contenido de la misma (McKean, 1993). Del mismo modo, Dávila (2006) explica que la materia orgánica juega un papel clave en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos, a través de funciones de tipo biológico, químico y físico. Por tal razón, para lograr el correcto desarrollo de los cultivos el suelo debe tener la capacidad de suministrar las cantidades necesarias de nutrientes.

Debido a que el contenido de C de un suelo es indicativo del porcentaje de su MOS (IGAC, 2006), los valores analizados son los de MOS bajo los criterios propuestos por Gilarbert y otros (2015). Estos criterios establecen rangos de materia orgánica según el tipo de textura determinada, tomando en cuenta que para esta investigación se obtuvieron texturas gruesas, es decir, texturas arenosas.

Un total de 8 muestras analizadas (50%) presentan un bajo contenido de MOS con valores menores a 1,50%; 7 muestras (43%) niveles medios de MOS con valores que oscilan entre 1,50% y 3%; y 1 muestra (6%) presenta valores altos por encima de 3%

(cuadro 6). Las muestras principalmente se ven afectadas por las condiciones climáticas, debido a las bajas precipitaciones que condicionan la producción de biomasa de los ecosistemas y la transformación posterior de la materia orgánica en el suelo se ve afectada (Jordán, 2006), lo que implica que la mayoría de las muestras presenten un bajo porcentaje de MOS. Las muestras con bajo contenido de MOS se encuentran en zonas con escasa vegetación, lo cual puede indicar un bajo aporte de material vegetal en descomposición al suelo. Igualmente, las muestras se encuentran retiradas de la quebrada intermitente donde podrían existir en épocas de lluvias grandes aportes de agua y de humedad lo que pudiera aumentar los procesos químicos en el suelo. En cambio las muestras con valores medios y altos de MOS se encuentran en zonas con mayor presencia de material vegetal y muy cercano a las zonas donde se encuentra la mencionada quebrada intermitente.

Los valores bajos de MOS guardan estrecha relación con algunas propiedades físicas descritas previamente tales como las coloraciones marrones y rojizas, la formación moderada de agregados y la poca consistencia que presentan los suelos. En relación con las texturas arenosas como lo indica Jiménez (1989) suelen ser pobres en materia orgánica debido a los procesos de mineralización producida por una aireación excesiva, sin embargo, Alemán y otros (2016) explican que un suelo con un adecuado contenido de materia orgánica, presenta valores de un 2% para suelos arenosos, por consiguiente algunas de las muestras analizadas presentan valores adecuados de MOS.

Por otra parte, los suelos con valores de pH más alcalinos y ligeramente ácidos como es el caso de las muestras analizadas tienden a presentar contenidos más bajos de MOS que los suelos con valores de pH ácidos debido a los escasos procesos de mineralización, ya que la materia orgánica aumenta cuando los valores de pH son más bajos (Jiménez, 1989). Las demás propiedades químicas como el nitrógeno, fósforo y capacidad de intercambio catiónico se ven influenciadas considerablemente por la materia orgánica, presentando niveles bajos, ya que la MOS interviene directamente en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y demás nutrientes

principales, aumentando la capacidad de intercambio catiónico en los suelos, particularmente en aquellos con bajo contenido en arcilla y favorece indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas, acidificando ligeramente el medio (Dávila, 2006). En este caso, el bajo contenido de MOS puede ser un factor limitante para la fertilidad por la influencia e interacciones de la misma con las demás propiedades físicas y químicas.

Las muestras con valores medios y altos de MOS presentan características físicas relativamente iguales con las muestras que contienen niveles bajos de materia orgánica. En cuanto a las propiedades químicas, como se mencionó anteriormente la MOS contienen la mayor cantidad de nutrientes, es por ello, que en el caso del nitrógeno también se evidencian valores medios y altos, sin embargo, el fósforo y la capacidad de intercambio catiónico presenta niveles bajos y muy bajos. Con estas muestras la MOS puede ser un factor clave para el mejoramiento de la fertilidad de esos suelos y el mantenimiento de su productividad, ya que la materia orgánica logra que los suelos obtengan una serie de propiedades muy deseables para la agricultura, volviéndolos sueltos, con mayor capacidad de retención de la humedad, elevando la concentración de nutrientes y manteniendo la química del suelo mejor equilibrada (Toledo, 2016).

En promedio las muestras analizadas presentan un valor moderado de MOS (cuadro 7), condicionada principalmente por la actividad microbiana en el suelo (Gamarra y otros, 2018). Esto se evidencia en la variación moderada de las muestras con respecto a la media (cuadro 8), producida por ciertos factores geográficos descritos en el área como la quebrada intermitente y la vegetación que pueden condicionar la variación de la MOS en las muestras analizadas pero no de manera extrema.

El Nitrógeno (N) es el elemento más crítico en el crecimiento de las plantas, y debido a su importancia, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se le denomina como macronutriente, influyendo generalmente en el rendimiento y calidad de los cultivos

(Jarquín y otros, 2011; Cristóbal y otros, 2011). La mayor parte del N en el suelo está presente con un 95% o más en forma orgánica formando parte de los residuos de cosecha, abonos orgánicos o en los microorganismos del suelo, lo que implica que el N orgánico debe ser primero mineralizado por los diferentes procesos bioquímicos, en los cuales participan activamente los microorganismos para luego estar disponible para las plantas en combinaciones inorgánicas como nitratos, nitritos y amoníaco (Elizondo, 2006; Garrido, 1994 ; Benimeli; y otros, 2019).

Las muestras fueron analizadas tomando en cuenta los rangos propuestos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-2000), presentando en promedio valores bajos de N (cuadro 7) con un mínimo de 0,06% y un máximo de 0,22% lo que indica la poca variación de las muestras reflejado en la desviación estándar de 0,04 y el coeficiente de variación de 45% ratificando la moderada homogeneidad de las muestras analizadas. Por otra parte, al igual que en la MOS esta leve variación puede ser producto de las características geográficas relativamente homogéneas del área de estudio.

Las muestras varían entre niveles bajo un total de 10 muestras (62.5%), medio 5 muestras (31.25%) y alto una muestra (6.25%). La mayoría de los valores de N tienen estrecha relación con los valores de MOS descritos anteriormente, es decir, las muestras con valores bajos de MOS presentan valores bajos de N y así respectivamente con los demás valores. Esto se debe a que la mayoría del N del suelo es orgánico (Perdomo y Barbazán, 2003), y dependiendo del contenido de MOS, los primeros 20 centímetros de profundidad de un suelo contendrán la mayor cantidad de N (Jarquín y Otros, 2011). Igualmente, los niveles bajos de N se evidencian en zonas expuestas y libres de vegetación y pueden guardar relación con la textura gruesa de las muestras, debido a que los suelos arenosos presentan, como se evidenció anteriormente, baja MOS, consecuencia de los bajos contenidos de humedad y a la rápida oxidación (Navarro y Navarro, 2003). El área de estudio por ser un ambiente semiárido en algunas áreas presenta valores altos de N denominados parches, contando con mayor aporte de materia orgánica por la presencia de vegetación,

debido a que la mayor cubierta de árboles o arbustos incrementa la presencia de islas de fertilidad (Celaya y otros, 2011).

Sin embargo, como se mencionó anteriormente el N proveniente de la MOS debe sufrir procesos de amonificación y nitrificación por la acción microbiana y los suelos semiáridos se caracterizan por baja abundancia y actividad microbiana reducida (Peñaloza, 2011). Por tal motivo, dichos contenidos de N presentes en las muestras analizadas no podrán estar disponibles químicamente para la absorción por parte de las plantas. Estos procesos bioquímicos están controlados especialmente por las condiciones climáticas y la vegetación, es decir, la baja presencia de N en las muestras es originado por las condiciones semiáridas del área de estudio, debido a que las condiciones de temperatura y humedad en estos ambientes áridos no permiten llevar a cabo los procesos de mineralización de nitrógeno y solamente ocurren por periodos breves de tiempo generalmente posteriores a pulsos de precipitación (Celaya y otros, 2011).

En consecuencia, los bajos niveles de materia orgánica y de nitrógeno que presentan los suelos áridos y semiáridos, son generados por el déficit hídrico permanente a que están sometidos (Peñaloza, 2011), y desde el punto de vista de fertilidad los suelos estudiados en su mayoría pudieran presentar limitaciones en cuanto a los contenidos de nitratos, nitritos y amoníaco (NH_4^+ , NO_2^- , y NO_3^-), los cuales son los más importantes para el desarrollo de los cultivos y están presente en los suelos con un 2% o 5% (Elizondo, 2006).

La relación Carbono/ Nitrógeno (C/N) es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Como se mencionó anteriormente el N es fundamental para el desarrollo de los cultivos, es por ello, que la relación C/N permite conocer la tasa de N disponible para las plantas, indicando la mineralización de la MO del suelo determinado por el contenido de C y N (Gamarra y otros, 2018). De acuerdo con los rangos establecidos por Malagón (1982), las muestras analizadas presentan una alta relación de C/N con valores mayores a 17 (cuadro 6), lo que indica mayor

acumulación de MOS y una moderada actividad orgánica (Bravo, 2000). Del mismo modo, Malagón (1982) explica que una alta relación C/N indica que la mineralización del N tiende a cero, lo cual está asociado con un medio biológicamente no activo por las condiciones climáticas mencionadas anteriormente. Es decir, en los ambientes semiáridos no existen condiciones ideales para la descomposición y mineralización del nitrógeno llevada a cabo por los microorganismos del suelo (Celaya-Michel y otros, 2011), por tal razón, hay prevalencia del contenido de carbono (carbohidratos) sobre el contenido de nitrógeno lo que no beneficia al desarrollo de la planta.

Jordán (2016) menciona que los suelos con una relación C/N elevada, origina que los microorganismos dispongan de C en abundancia, pero carecen de N, con lo cual son pocos los microorganismos que pueden actuar en la degradación de la materia orgánica ocasionando que el proceso de mineralización se ralentiza. Por consiguiente, estos valores altos de C/N implican que la materia orgánica se descompone lentamente produciendo bajas cantidades de N asimilable por las plantas, debido a las condiciones climáticas previamente mencionadas, ya que los procesos bioquímicos se ven afectados, originando problemas de fertilidad en los suelos (Gamarra y otros, 2018).

El fósforo (P) participa en los procesos metabólicos de las plantas y es uno de los nutrientes esenciales para su crecimiento, por lo cual, sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente. Las fuentes de P en el suelo son los minerales, la materia orgánica, los fertilizantes y los residuos vegetales (Casanova 2005), sin embargo, la más importante está constituido por rocas fosfatadas, tales como apatita, fluorapatita, vivianita, entre otros (Sanzano, 2006). Toledo (2016) explica que “El fósforo es absorbido por las plantas en forma de ácido fosfórico [Fosfato di ácido (H_2PO_4^-) y fosfato monoácido (HPO_4^{--})], otra parte importante se encuentra en la materia orgánica, en fosfolípidos, ácidos nucleicos y húmicos”. Generalmente estos compuestos se encuentran en pequeñas cantidades en el suelo y tienden a reaccionar con algunos componentes del mismo, formando compuestos relativamente insolubles y disminuyendo la disponibilidad de este elemento para las plantas (Bravo, 2000).

Los valores obtenidos de P (cuadro 6) se analizan tomando en cuenta los rangos establecidos por Gilarbert y otros (2015) con base en la agrupación de los suelos por grupos texturales, para este caso las texturas gruesas. En promedio los niveles de fósforo son muy bajos y con una moderada variación con respecto a la media (cuadro 7) lo que indica que las muestras en su mayoría están sometidas a las restricciones hídricas del área de estudio lo que disminuye los procesos de producción de fósforo.

El P en el total de las muestras oscila entre valores de 1 y 4 ppm, lo cual indica niveles muy bajos de P con valores menores a 9 ppm. Esta variabilidad principalmente puede ser ocasionada por la naturaleza y grado de meteorización del material parental, tomando en cuenta que en el área de estudio el material está representado por la Formación Falca compuesta principalmente por arenas cuarzosas, óxidos de hierro y minerales secundarios como la caolinita los cuales no generan aporte de P al suelo (Villarroel y otros, 2000).

La MOS es fuente permanente de fósforo a través de los procesos de descomposición y mineralización que liberan nutrientes a la solución del suelo. Donahue y otros (1981) explican que el P disponible para las plantas es principalmente derivado de los fosfatos liberados durante la descomposición de la MOS. Los bajos niveles de MOS en las muestras analizadas pueden tener relación con la baja disponibilidad de P, y como se mencionó anteriormente debido a las condiciones climáticas los procesos bioquímicos se ven afectados y la MOS se descompone lentamente ocasionando niveles bajos de P asimilable para las plantas.

La disponibilidad del P es afectada principalmente por los valores de pH de los suelos, debido a que el óptimo rango de máxima disponibilidad de fósforo se encuentra entre 6,5 y 7,5 (Villarroel y otros, 2000) rango donde se encuentran la mayoría de las muestras de suelos analizadas. Sin embargo, el análisis señala una baja disponibilidad del P pudiendo ser originado por las condiciones de aridez debido a que el movimiento del P aumenta con el contenido de agua en el suelo. Por otra parte, en áreas cálidas, cuanto más gruesa es la textura, menor es el contenido de P, debido a

la pérdida por procesos de escurrimiento originados por pulsos de precipitación (Munera y otros, 2012). Igualmente, la textura arenosa presente en las muestras analizadas influye en la asimilabilidad del P ya que la baja retención de agua ocasiona una menor difusión del fósforo hacia la raíz (Sanzano, 2006; Bravo, 2000).

Por tal motivo, no existen condiciones favorables que aumenten la rápida liberación de fosfatos desde las formas orgánicas y/o de las formas inorgánicas de modo de mantener un adecuado suministro de formas disponibles (Villarroel y otros, 2000). En consecuencia, las condiciones de fertilidad en cuanto a los niveles de P son muy bajas por los factores ambientales, químicos y biológicos que modifican la disponibilidad del fósforo.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) puede ser definida como la capacidad total de los coloides del suelo para intercambiar cationes con la solución del suelo (Jordán, 2006). Esta capacidad para retener ciertos elementos nutritivos viene condicionada principalmente por el contenido de arcilla y humus. Como lo menciona Garrido (1994), “las arcillas y la materia orgánica del suelo tienen la propiedad de comportarse como iones de carga negativa, aniones, de forma que son capaces de retener o adsorber cationes”. Esta propiedad permite a los suelos disponer de elementos nutritivos a las planta, evitando la lixiviación y aumentando la fertilidad natural del suelo.

Las muestras fueron descritas por los criterios establecidos por Malagón (1982) y en promedio presentan una muy baja CIC, con una variación con respecto a la media relativamente homogénea (cuadro 7), lo cual se relaciona principalmente con las texturas gruesas de los suelos y las condiciones de aridez que impiden el almacenamiento del agua y disminuyendo la disponibilidad de nutrientes. Los resultados observados en el cuadro 9, demuestran una muy baja CIC en 10 muestras (63%) con valores menores a 5 meq/100g, estos valores corresponden mayormente con las muestras que presentan valores bajos y medios de MOS, así como también bajos contenidos de arcilla debido a la predominancia de suelos arenosos, lo cual

tiende a disminuir el intercambio iónico. La CIC tiende a presentar valores más elevados en los suelos con mayor porcentaje de arcilla y menor en la fracción arena, esto se debe a que las partículas gruesas, presentan una superficie específica baja y menor densidad de carga disminuyendo la CIC del suelo (Faiyler, Smith y Wade citado por Rucks, y otros, 2004).

Ahora bien, los niveles bajos de CIC para las 7 muestras (37%) con valores que oscilan entre 5 y 10 meq/100g corresponden con las que presentan valores más elevados de MOS, y la textura arenosa se ve atenuada por porcentajes de arcilla y limo un poco más elevadas, lo cual puede originar el aumento de los niveles de CIC (cuadro 8). Estos niveles bajos de CIC en los suelos analizados se asocian fundamentalmente con el material de origen y con los procesos de meteorización y lixiviación a los que están expuestos los suelos. Las condiciones de aridez del área de estudio pueden generar deficiencia de nutrientes en los suelos analizados, disminuyendo los procesos que generan aporte de nuevo material orgánico. Del mismo modo, en función de la naturaleza de la roca, las condiciones bajo las que se desarrolla el suelo, o de los procesos edáficos que tengan lugar, la cantidad y composición de los cationes adsorbidos al complejo coloidal variará de una forma u otra (Jordán, 2006).

El material donde se desarrollan los suelos estudiados, está compuesto fundamentalmente por arenas de cuarzo y minerales secundarios como la caolinita proveniente de la Formación Falca, descrita anteriormente. Rucks y otros (2004) explican que “El cuarzo (SiO_2) es dominante en la arena y limo, y estas dos fracciones son, por lo general, inactivas químicamente, incluso los minerales primarios son, en general, insolubles a muy largo plazo”. Por tal motivo, la composición mineralógica del material parental donde se desarrollan los suelos analizados está influenciando las condiciones para suministrar los nutrientes principales ya que las arenas cuarzosas y la caolinita, tienen según Piedrahita (2011) una CIC muy baja de 5 y 15 meq/100g respectivamente.

Cuadro 8. *Relación entre los valores de CIC/textura y CIC/materia orgánica.*

M	CIC(meq/100g)	Clase textural	Materia Orgánica %
1	4,15	Franco arenoso	1,18
2	6,46	Franco arenoso	2,78
3	2,81	Franco arenoso	1,10
4	3,09	Arenoso	1,40
5	3,66	Franco arenoso	1,38
6	5,95	Franco arenoso	2,37
7	6,21	Franco arenoso	2,51
8	3,13	Arenoso	1,41
9	3,83	Arenoso Franco	1,62
10	3,27	Arenoso	1,48
11	4,50	Arenoso	2,10
12	2,90	Arenoso	1,30
13	5,95	Franco arenoso	2,52
14	10,27	Franco arenoso	4,39
15	5,31	Franco arenoso	2,06
16	2,90	Arenoso	1,30

Sin embargo, al calcular los coeficientes de correlación entre CIC y clase textural se encontró una moderada correlación (0,453) relacionándose con el bajo porcentaje de arcilla de tipo caolinita las cuales tienen una baja CIC como fue reportado anteriormente, y una casi perfecta correlación (0,977 significativa al 1%) entre CIC y MOS corroborando la significancia de la MOS en el aumento de la CIC de los suelos. Arias y Munévar (2004) mencionan que los suelos con baja CIC predominantemente están relacionados con la alta frecuencia de suelos de texturas gruesas y bajo tenor de materia orgánica confirmando los resultados obtenidos para esta investigación y dejando en evidencia que la CIC depende fundamentalmente del contenido de materia orgánica.

La CIC está estrechamente relacionada con la fertilidad del suelo, ya que una elevada CIC significa una elevada capacidad de almacenar nutrientes, y una disminución del riesgo de pérdida por lavado de los nutrientes. Si el contenido en cationes asimilables es demasiado bajo, estos pueden quedar retenidos en el complejo

de cambio y no estar disponibles para las plantas (Jordán, 2006). En consecuencia Arias y Munévar (2004) explican que la baja CIC es una limitación ya que implica una baja capacidad de retener nutrientes y, por ende, las prácticas de fertilización deben incluir un mayor fraccionamiento para reducir las pérdidas por escorrentía y lixiviación.

La CIC indica la cantidad de cargas negativas en el suelo, pero no explica cuáles y qué cantidad de los elementos están disponibles, para ese caso la saturación de bases (%SB) indica el porcentaje de los sitios de intercambio en el suelo ocupados por los cationes básicos Ca, Mg, Na y K (Toledo, 2017). Por ello, la saturación del suelo es fundamental para conocer el balance ideal de cationes básicos para que la planta pueda abastecerse de los nutrientes óptimamente.

Tomando en cuenta los criterios propuestos por Toledo (2017) se determinaron que las muestras presentan una baja variación con respecto a la media de 36,54 % y con una desviación estándar de 10,13 lo que indica la moderada homogeneidad de las muestras. En promedio, la saturación es baja con un valor de 27,7% (cuadro 7), es decir, los suelos analizados son desaturados relacionado fundamentalmente con el tipo de material sobre los cuales se están desarrollando los suelos y además, los porcentajes bajos de saturación se ven favorecidos por las texturas gruesas.

En el caso de las muestras analizadas 14 (87.5%) presentan valores bajos de saturación y sólo 2 (12,5%) valores medios (cuadro 6). La Formación Falca principalmente es la que puede estar originando la baja saturación de bases debido a como se mencionó anteriormente la misma está compuesta mayoritariamente de cuarzo el cual no genera aportes de bases a la solución del suelo y la caolinita presente en la formación no supe las cantidades necesarias de cationes básicos. Estos factores vinculados con la textura gruesa de los suelos disminuye la proporción de retención de cationes y en momentos de mayor precipitación suelen perderse por lixiviación (Piedrahita, 2011).

Los porcentajes de saturación medios evidencian la presencia limitada de algunos cationes de cambio en las muestras analizadas, esto puede deberse fundamentalmente por el material de origen que aflora en los cerros Matasiete y Guayamurí y que por procesos de escorrentía superficial los materiales son desplazados hacia las zonas de pendientes bajas formando glaciares de acumulación. La Metatrondjemita de Matasiete está compuesta por minerales primarios y secundarios que son fuentes de cationes para las plantas en el largo plazo, estos minerales están representados según Vignali (1979) por la plagioclasa, oligoclasa y albita (60-70%), cuarzo (25%), muscovita (7%), epidoto (7%) y clorita (5%).

La saturación de bases como lo mencionan diversos autores, se relaciona positivamente con el pH del suelo debido a que cuanto más básico sea el suelo, mayor será el porcentaje de saturación de las bases y tendrá mayores posibilidades de retener cationes (Espinoza y otros, 2012; Garrido, 1994; Bravo, 2000). Sin embargo, los pH como se mencionó anteriormente en promedio son casi neutros (cuadro 6) los mismos no guardan relación con los valores de saturación de bases, esto se puede deber a como lo menciona Bravo (2000) que los suelos que presentan en su composición química minerales secundarios como la caolinita presentan porcentaje de saturación más bajos, aún cuando los pH estén cercanos a la neutralidad indicando que es menos fértil y puede suplir menos cantidad de cationes básicos.

La saturación de bases proporciona información útil de la acidez, la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad de los suelos en general. Para el caso de la fertilidad se debe determinar cuál o cuáles de los elementos que componen la saturación de bases (calcio, potasio, magnesio y sodio) se encuentran en un nivel bajo, como se presenta en el cuadro 9. Los valores de saturación de los cationes básicos en los suelos deberían ser: el calcio en el rango del 60-80%, el magnesio en el rango del 10-20%, el potasio del 2-6% y el sodio del 0-3% (Casanova, 2005). Sin embargo, para las muestras analizadas los valores de saturación de los cationes no cumplen con los estándares establecidos. En este caso el magnesio presenta en promedio valores de saturación altos, el sodio y el potasio mediano y el calcio muy bajo en contraposición

con la secuencia óptima lo cual será explicado seguidamente con los valores de cationes intercambiables.

Cuadro 9. *Porcentaje de saturación de los cationes de cambio.*

Muestra	Na ⁺ (%S)	Mg ²⁺ (%S)	K ⁺ (%S)	Ca ²⁺ (%S)
1	13,98	24,34	1,20	2,65
2	2,79	11,92	0,62	2,48
3	4,98	19,93	2,49	3,56
4	2,27	12,62	1,62	3,24
5	2,46	17,76	0,82	3,01
6	3,36	18,82	1,18	2,69
7	3,22	22,06	0,64	2,42
8	3,19	25,88	1,92	5,75
9	2,61	10,70	1,31	4,70
10	1,22	5,50	0,92	3,06
11	1,11	11,78	0,67	2,22
12	8,62	28,97	1,72	6,21
13	5,71	14,96	1,01	3,03
14	9,83	15,29	0,68	1,75
15	1,88	19,40	0,38	3,39
16	5,86	24,83	2,07	5,17

Los cationes predominantes en los suelos agrícolas son, calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺) y sodio (Na⁺), considerados "cationes intercambiables", porque pueden ser reemplazados por otros cationes presentes en la solución del suelo. Los cationes intercambiables, que están adheridos a las superficies de las partículas del suelo, están en equilibrio con la solución del suelo para reponer los nutrientes que fueron absorbidos por las plantas o lixiviados fuera de la zona de la raíz. (Jordán, 2006)

En términos generales los suelos analizados presentan contenidos de bases cambiables bajos a muy bajos, siguiendo principalmente la distribución Mg>Na>Ca>K (cuadro 9, ver figura 31) lo cual difiere de la forma secuencia óptima mencionada anteriormente. Los bajos contenidos de las bases responden quizás a la

baja susceptibilidad a la alteración que presentan las rocas que afloran en el área de estudio, lo que no permite la incorporación de los elementos que se encuentran en los minerales que lo constituyen.

Entre los cationes básicos el Magnesio es el dominante en la mayoría de las muestras con valores que oscilan entre niveles bajo (0,3 meq/100g) y medio (3 meq/100g). Esta presencia mayoritaria del magnesio se puede corresponder principalmente con la litología que aflora en el área de estudio, específicamente la Metatrondjemita compuesta de minerales ferromagnesianos. Así mismo, en el área de afloramiento se puede encontrar de forma aislada la serpentina (Rekowski y Rivas,(2005).) ratificando lo que menciona Mikkelsen (2010) que las principales fuentes de Mg son varios minerales ferromagnesianos (como el olivino, piroxeno, anfíbol y mica) y el grupo de las serpentinas $[(Mg_3Si_2O_5(OH)_4)]$. Esta adición de minerales a los suelos del área puede estar asociado con los procesos de escorrentía de la quebrada intermitente desplazando material hacia las zonas más planas.

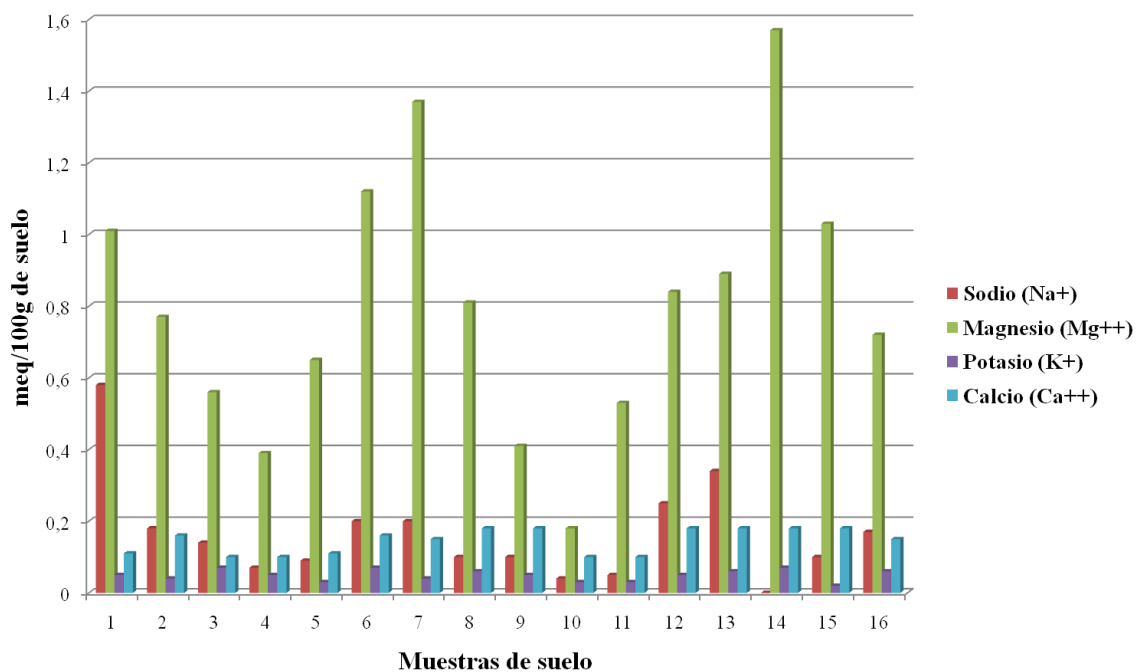


Figura 31. Contenidos de Cationes intercambiables Ca, Mg, K y Na del suelo.

La abundancia del Mg también puede ser atribuida a que es uno de los cationes retenidos con mayor fuerza por los coloides del suelo y es menos complejo, lixiviado y/o precipitado, quedando en mayor concentración en el suelo (Salazar. Valencia y Khalajabadi, 2015). Sin embargo, la liberación de magnesio generalmente es muy lenta e insuficiente para suplir la demanda de cultivos en rápido crecimiento y tomando en cuenta la baja CIC de los suelos analizados, el potencial del suelo para absorber y liberar magnesio disminuye, ocasionando deficiencias en las plantas lo que limitaría la producción de cultivos (Ross, 2004).

Los valores de sodio presentan una amplia variación desde muy bajos (0,1 meq/100g) hasta alto (2 meq/100g). Los niveles altos pueden deberse específicamente por las condiciones de aridez y la influencia marina por la ubicación geográfica relacionados con el transporte de sustancias. Sin embargo, las sales de los suelos naturales pueden proceder de la Metatrondjemita específicamente de la plagioclasa albita (73%) descrita por Chachati y Macsotay (1985). De acuerdo a Porta y otros (1994), los suelos y aguas de las zonas semiáridas contienen importantes concentraciones de sales que se acumulan por procesos naturales o antrópicos. El área de estudio por ser una zona semiárida presenta mayor concentración de sales, en este caso la albita, presente en la mineralogía de las rocas que afloran en el sector, puede sufrir un proceso hidrolítico aportando sodio al complejo de cambio.

Los valores de calcio y potasio son muy bajos, varían entre valores de menores de 2 y 0,2 meq/100g de suelo respectivamente (cuadro 6). Los bajos contenidos de calcio y potasio dependen fundamentalmente del material parental, el grado de meteorización sufrido y la textura de los suelos. En este caso, las arenas de Falca mineralógicamente no generan fuentes de potasio a corto plazo, solamente minerales secundarios como la illitas pero en muy baja proporción. Por otra parte, la textura de los suelos tiene influencia en la pérdida de nutrientes del suelo por procesos de lixiviación lo que disminuye la disponibilidad de dichos cationes.

La menor concentración en K se puede relacionar con su monovalencia ya que no es retenido con fuerza por los coloides del suelo y es mucho más fácil que los procesos de lixiviación disminuyan su concentración en el suelo con los otros cationes. Debido a la interacción entre calcio, potasio y magnesio, la velocidad de absorción del calcio puede disminuir cuando hay altas concentraciones de potasio y/o magnesio en la solución del suelo (Kass 1998). De esta forma, los niveles de Ca muy bajo generan una mayor proporción en el complejo de cambio de Mg haciendo que el suelo se vuelva menos permeable y produciendo deficiencias de Ca en los suelos perjudicando el desarrollo del cultivo.

La importancia de las proporciones de las bases intercambiables en el suelo se basa en que, en general, los nutrientes de igual carga compiten por espacios en los coloides y en los puntos de absorción, teniendo mayor ventaja el elemento que esté en mayor cantidad (Toledo, 2017). El estudio de los cationes y su distribución es de fundamental importancia para entender los diferentes fenómenos físicos y químicos que ocurren en el suelo, pues la mayoría afectan la fertilidad de los suelos y por ende la nutrición de las plantas. (Sadeghian y Zapata, 2015).

En general, las propiedades químicas estudiadas dan un aporte para la planificación del uso de los suelos de la finca en estudio, más adelante se establecerán correlaciones mediante el análisis multivariado entre las propiedades químicas para determinar y corroborar las influencias aquí descritas.

Fertilidad de los suelos de la finca “Juan Caraballo Calderín”

Los cálculos realizados para obtener los valores de fertilidad de los suelos se encuentran en el anexo 1. En el cuadro 10 se muestran los valores obtenidos de la aplicación de la tabla “Puntaje y Apreciación de la Fertilidad de Suelo” tomando en cuenta todos los aspectos descritos en los análisis previos. De acuerdo como se presentan las concentraciones del pH, los porcentajes del CO, N, CIC, la relación C/N, el P, la CIC de suelo, las bases cambiables Ca, Mg, Na y K, y el porcentaje de Saturación de bases, la fertilidad de los suelos analizados varía de muy baja a baja, lo que podría estar determinado por el déficit hídrico y la disponibilidad de nutrientes en los diferentes suelos analizados (Perroni, 2007). En la figura 32 se observa la distribución espacial de los valores de fertilidad obtenidos previamente, generando dos zonas delimitadas de muy baja fertilidad y otra de baja fertilidad.

Cuadro 10. *Valores de la apreciación de la fertilidad.*

Muestra	Valor	Apreciación
M1	1,5	Muy Baja
M2	2,4	Baja
M3	1,0	Muy Baja
M4	1,3	Muy Baja
M5	1,3	Muy Baja
M6	2,5	Baja
M7	2,6	Baja
M8	1,7	Muy Baja
M9	0,8	Muy Baja
M10	0,3	Muy Baja
M11	1,4	Muy Baja
M12	1,7	Muy Baja
M13	2,6	Baja
M14	3,7	Baja
M15	2,4	Baja
M16	1,7	Muy Baja

Apreciación de la fertilidad de los suelos de la finca "Juan Caraballo Calderín"

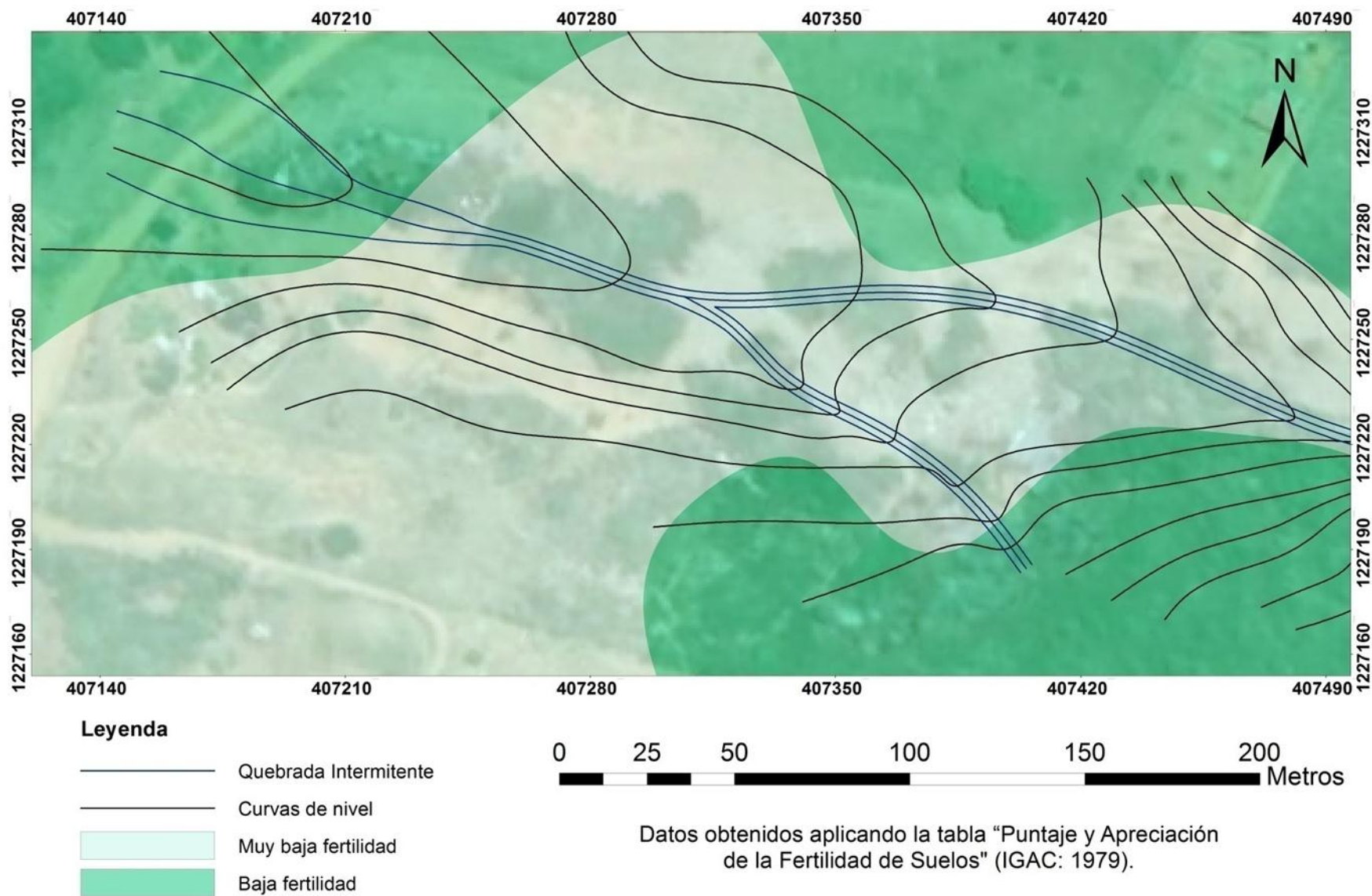


Figura 32. Mapa de apreciación de la fertilidad de los suelos de la finca.

Las características de muy baja y baja fertilidad se evidencian en suelos relativamente jóvenes que no han sido sometidos a procesos de explotación agrícola, condicionados por el material parental y fundamentalmente por las características semiáridas ocasionando que el área de estudio se encuentre bajo la influencia de una alta radiación solar, altas tasas de evapotranspiración, restricciones en la disponibilidad del agua y una baja movilidad de nutrientes en el suelo como se evidenció en el análisis descrito anteriormente. Estos ecosistemas semiáridos se encuentran caracterizados por la heterogeneidad espacial, es decir, una alternancia de áreas desnudas y áreas con vegetación (Perroni, 2007). Esta distribución de parches de vegetación rodeados por suelos descubiertos, lo que induce es a la acumulación y enriquecimiento de nutrientes debajo de las plantas, lo que podría indicar la presencia de islas de fertilidad (Moncayo-Riascos y otros, 2018) y podría estar ocasionando la leve variación en los niveles de fertilidad de los suelos del área estudiada.

Los valores de muy baja fertilidad se relacionan con áreas que se encuentran mayoritariamente retiradas de la quebrada intermitente (figura 15), lo que implica una utilización menos eficiente de los pulsos de precipitación por las altas tasas de evapotranspiración, generando restricciones en la disponibilidad del agua. Así mismo, en áreas desnudas, es decir, libres de vegetación (figura 15) y expuestas a los procesos de intemperización se ubican las muestras de suelo con valores de fertilidad muy bajo, ya que la intensidad de los procesos biogeoquímicos disminuye debido al bajo aporte de material vegetal y la poca capacidad de retención de agua lo que restringe la disponibilidad de nutrientes (Moncayo-Riascos y otros, 2018).

Las propiedades físicas de estas áreas de fertilidad muy baja muestran principalmente limitaciones en cuanto a las texturas gruesas (arenosas), ya que los procesos de lixiviación aumentan en épocas de lluvias disminuyendo la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas. En estas áreas las propiedades químicas mencionadas anteriormente mostraron los valores más bajos, ya que los procesos de mineralización de materia orgánica, nitrógeno y nutrientes disminuyen en los suelos

de zonas semiáridas por la escasa cubierta vegetal y disponibilidad de agua limitando la productividad de los suelos (Celaya-Michel y otros, 2011). Estos suelos presentan una menor calidad y mayores condiciones de estrés lo que disminuye las posibilidades de establecimiento y crecimiento de cultivos por la disminución de nutrientes (Muñoz, y otros, 2017).

Las muestras con valores bajos de fertilidad se localizaron mayormente en áreas con presencia de vegetación y cercanas a la quebrada intermitente (figura 15). A pesar de que las condiciones de fertilidad son muy bajas, en estos ecosistemas, los doseles de los árboles y arbustos tienen una influencia positiva en la textura y disponibilidad de nutrientes en el suelo, formando islas de fertilidad donde la materia orgánica y los nutrientes son mayores en relación con el exterior (Bashan y de-Bashan, 2010 citado por Hernández, 2015). Estas islas de fertilidad disminuyen la pérdida de agua por la evapotranspiración, los materiales tienden a acumularse bajo la copa de los arbustos y proveen de un mejor sustrato para las plantas protegidas que el que se encuentra en el suelo abierto, por lo que las plantas experimentan menos estrés hídrico y térmico (Muñoz y otros, 2017).

Las características físicas de las zonas con fertilidad baja varían debido a que los suelos gruesos disminuyen su densidad ya que la textura se va haciendo más fina, es decir, los suelos en su mayoría aumentaron relativamente el porcentaje de limo y arcilla, lo que aumenta la capacidad de retención de agua, la estructura de agregados se estabiliza y por ende hay un mayor nivel de nutrientes que en las áreas circundantes. Químicamente, las zonas con baja fertilidad con una mayor cubierta de vegetación (figura 15) presentan una mayor eficiencia en el uso de pulsos de precipitación, aumentando la retención de humedad y como se evidenció en los resultados los parámetros químicos en estas áreas aumentaron su valor (Celaya-Michel y otros, 2011). Estas islas de fertilidad observadas en el área de estudio son zonas donde aumentó moderadamente el enriquecimiento de nutrientes como resultado de la interacción entre los procesos físicos, químicos y biológicos (Moncayo-Riascos y otros, 2018).

Correlaciones Significativas entre propiedades químicas de los suelos

Como parte del análisis descriptivo de los suelos se incorporan las relaciones entre las propiedades químicas que presentaron mayor significancia en sus correlaciones. Para ello y tomando como base la subdivisión de los mismos a partir del criterio de Malagón (1982), se muestran tanto los valores de correlación como su significancia al 1 y al 5% (cuadro 11). A pesar de que los suelos presentaron niveles muy bajos de fertilidad por todas las condiciones geográficas, físicas y químicas explicadas anteriormente, algunas de las propiedades químicas mostraron correlaciones significativas confirmando valores obtenidos por los análisis e informaciones teóricas propuestos por diversos autores.

Cuadro 11. *Correlaciones significativas entre propiedades químicas.*

Fertilidad	Propiedad	%N	%C	Na ⁺	Mg ²⁺	Bases totales	%SB	CIC
MUY BAJA	%MOS	0,973**	1,00 **					0,653*
	%N		0,973**					0,707*
	%C							0,640*
	Na ⁺				0,752*	0,881**	0,691*	
	Mg ²⁺					0,968**	0,905**	
	Bases totales						0,907**	
BAJA	%MOS	0,978**	1,00**	0,967**		0,930**		0,995**
	%N		0,998**	0,958**		0,925**		0,991**
	%C			0,967**		0,930**		0,995**
	Na ⁺					0,980**	0,847**	0,980**
	Mg ²⁺					0,838*	0,935**	
	Bases totales						0,927**	0,958**

** Significancia de correlación al 1%

* Significancia de correlación al 5%

El análisis de correlaciones entre las variables asociadas a la fertilidad química de los suelos confirma que la materia orgánica (MOS), correlacionó con la mayoría de las propiedades químicas. En principio, correlacionó significativamente con las propiedades como el carbono y el nitrógeno por la dinámica del flujo del carbono (Matus y otros, 2000), debido a que el contenido de C de un suelo es indicativo del porcentaje de su MOS (IGAC, 2006) y la mayoría del N del suelo es orgánico proveniente de la MOS (Perdomo y Barbazán, 2003). Es por ello que al observar los

valores del cuadro 10 se evidencia que cuando la MOS correlacionó significativamente con alguna propiedad también lo hicieron el carbono y el nitrógeno. También pudo evidenciarse que hubo mayor cantidad de correlaciones significativas al 1% en los suelos de baja fertilidad, lo que pudiera indicar que en la medida que la fertilidad de los suelos aumenta, las relaciones esperadas entre propiedades químicas se encuentran expresadas.

El sodio es el catión básico que se lava del suelo con mayor facilidad por ser retenido con menor fuerza que los demás cationes, sin embargo, en las regiones semiáridas donde la precipitación anual es insuficiente este tipo de sales no se disuelven, en vez de ello, se acumulan y ante la presencia de MOS el catión queda inutilizado aumentando la acumulación (Thompson y Troeh, 1988), lo que se evidencia con los valores de correlación significativa entre la MOS y el Na^+ . Obsérvese que las correlaciones significativas entre Na^+ y el resto de propiedades químicas solo se presenta cuando la fertilidad en estos suelos es mayor, es decir en los suelos de fertilidad baja, pudiendo esto indicar que en la medida que la fertilidad disminuye la tendencia a evidenciar estas relaciones estadísticas es menos fuerte y nada significativa.

La materia orgánica incide directamente en la disponibilidad y absorción de nutrientes, es por ello que presenta una correlación significativa con las bases totales y con la capacidad de intercambio catiónico en los suelos, (Dávila, 2006). Esta correlación se observa significativa al 5% en los suelos de fertilidad muy baja y al 1% en la fertilidad baja, permitiendo ratificar que la materia orgánica del suelo tiene la propiedad de comportarse como iones de carga negativa aumentando la capacidad de retención y absorción de cationes (Garrido, 1994).

La CIC está estrechamente relacionada con la cantidad de bases totales y la saturación de bases del suelo, lo cual se confirma con los valores de correlación obtenidas ya que un aumento en las bases totales incide directamente en el aumento de la CIC y la saturación de bases (Jordán, 2006). Como se explicó anteriormente los

cationes que predominan en la solución de los suelos son calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^{+}) y sodio (Na^{+}), considerados "cationes intercambiables" (Casanova, 2005). Los cationes que presentan mayor influencia en la CIC, bases totales y saturación de bases son el Mg y el Na. Debido a los valores de correlación obtenidos se puede indicar que al aumentar la CIC los valores de bases que tenderán a aumentar son el Mg y el Na, esto porque la litología que aflora en el área de estudio genera aportes por medio de la Metatrondjemita de Mg y Na pudiendo ocasionar problemas de toxicidad a largo plazo en esos suelos sobre todo con el Na.

Por último, pudo observarse que las correlaciones más altas y con mayor significancia entre la CIC y otras propiedades químicas de esos suelos se encuentran en aquellos catalogados como de baja fertilidad, siendo relativamente significativas al 5% con algunas propiedades químicas en los suelos de muy baja fertilidad, que aun cuando sus valores distan descriptivamente del máximo valor teórico de correlación. Esto pudiera indicar, al igual que en las otras propiedades químicas analizadas que el grado de fertilidad de los suelos puede ser un elemento que permite mostrar las correlaciones significativas esperadas teóricamente y a partir de ahí sugerir con mayor fiabilidad tratamientos de fertilidad de los suelos a partir de algunos de esos componentes o propiedades químicas.

Potencial uso agroturístico de la finca “Juan Caraballo Calderín”

La Isla de Margarita a pesar de ser el primer destino turístico que se comenzó a desarrollar en Venezuela no posee una imagen turística, esto se debe a que el turismo en la isla surgió espontáneamente y no ha sido el producto de actividades planificadas (Marcano, 2009). En nuestro país el agroturismo comúnmente se realiza en fincas, granjas, huertos e invernaderos que se han venido actualizando con la finalidad de convertirlos en atractivos turísticos, complementándolos a estos con la cultura, tradición y gastronomía de sus localidades.

La información recopilada en los análisis previos permite realizar una primera evaluación situacional a través de la matriz FODA la cual se aplica para evaluar la situación en que se encuentra la finca estudiada, reconociendo los factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas), que favorecen u obstaculizan el desarrollo de una primera evaluación de un proyecto agroturístico para la finca.

Fortalezas:

- La isla de Margarita se encuentra en una excelente ubicación geográfica y cuenta con características resaltantes para ser considerada como un multidesestino: playa, sol, montañas, historia, gastronomía, comercio. El sector donde se ubica la finca especialmente cuenta con atractivos naturales de excepcional belleza y con gran potencial turístico como lo son el Cerro Guayamurí, Cerro Matasiete, entre otros.
- La actividad económica más importante de la isla de Margarita es el turismo, debido a la alta movilización de turistas nacionales e internacionales. Esta movilización hace que a Margarita vuelen todas las aerolíneas nacionales, aterrizando en el Aeropuerto Internacional del Caribe General Santiago Mariño, situado en El Yaque. Así mismo, cuenta con puertos de Ferry vía marítima que salen desde Puerto La Cruz en el estado Anzoátegui y desde Cumaná en el estado Sucre.
- El estado Nueva Esparta cuenta con un régimen preferencial de puerto libre el cual consiste en un régimen tributario preferencial (liberatorio) para estimular y favorecer el desarrollo socioeconómico del Estado Nueva Esparta. Las mercancías que ingresen bajo el régimen de puerto libre estarán exentas del pago de impuestos de importación, impuesto al valor agregado, entre otras cosas.
- El Terreno cuenta con estudios físicos y procedimientos administrativos en proceso para determinar el uso potencial agroturístico de la finca, tomando en cuenta las condiciones de fertilidad, ambientales y sociales.

- El sector el Cardón del municipio Antolín del Campo forma parte de los sectores incluidos en la declaratoria de Área Rural de Desarrollo Integrado (ARDI) con fines de producción agrícola (MARN, 1997).

Debilidades:

- La agricultura en la isla es una actividad económica de poca magnitud comparada con los demás estados productores del país. Así mismo, en comparación con el sector pesquero la agricultura tiene poca relevancia.
- El estado Nueva Esparta tiene una fuerte escasez de tierras con alto potencial agrícola condicionado fuertemente por el déficit en el balance hídrico característico del clima semiárido que predomina en la región y en la finca de estudio.
- Producto del déficit hídrico la isla carece de fuentes de aguas superficiales y subterráneas suficientes para atender las demandas de la población fija y flotante del estado. La fuente primaria de abastecimiento es el acueducto submarino que proviene del embalse de Turimiquire (estado Sucre) y hacia las localidades sin acueducto se distribuyen camiones cisternas.
- El sector agrícola vegetal en el estado de Nueva Esparta presenta deficiencias en los servicios de producción y comercialización, aunados a la escasez del recurso agua para la realización de las actividades del campo.
- El sistema de transporte interno de la isla se ve afectado por la baja existencia de unidades con las que cuenta el sistema público de la región, limitando el acceso a los lugares turístico de interés.
- Fallas recurrentes en el servicio de agua, frecuentes cortes eléctricos y una severa escasez de bienes básicos, con lo cual algunos hoteles ni siquiera pueden ofrecer alimentos a sus cada vez más escasos huéspedes.

Oportunidades:

- Personas comprometidas y dispuestas a invertir en la conformación de fincas agroturísticas para ofrecer servicios y momentos gratos a los turistas potenciales a través de la planificación y puesta en práctica de la ruta agroturística "Turpial", que tiene como objetivo ofrecer recorridos por diferentes zonas cultivadas de la isla.
- Existencia de una planta turística respaldada con organismos públicos y privados que regulan la actividad turística para su fortalecimiento. Organismos públicos como el Ministerio del Poder Popular para el Turismo y Comercio Exterior (MINTUR) que regula el Registro Turístico Nacional (RTN) y las renovaciones de Licencias a representantes del sector privado y público de la actividad turística. Igualmente, se encuentran: el Instituto Nacional de Turismo (INATUR), Venezolana de Turismo (VENETUR), Sociedad de Garantías Recíprocas para la Pequeña y Mediana Empresa del Sector Turismo (SOGATUR) y por último CONSETURISMO que es un organismo es una asociación que reúne a distintas cámaras del sector, incentivando el crecimiento sostenido de la industria turística.
- Desarrollo de proyectos agroturísticos en la isla de Margarita que busquen el contacto con la naturaleza a través de las alianzas con Universidades de la región para aumentar la preferencia de los turistas por destinos envueltos en un entorno rural.
- La implementación de pozos para combatir el déficit hídrico con el uso de un riego suplementario en la superficie aumentaría significativamente la producción.
- Aumento de los ingresos de la isla a través del turismo por el paso de un gran número de turistas generada por la percepción de multidesfío favoreciendo el desarrollo de actividades agroturísticas.

Amenazas:

- Dificultad para mantener los precios por un periodo de tiempo largo debido a los altos índices inflacionarios del país originado por la inestabilidad económica obstaculizando la adquisición y reposición de inventarios.
- Deterioro de la imagen de la isla en el exterior por los diversos problemas políticos y la consolidación de la imagen de algunos destinos emergentes competitivos y con potencialidades similares.
- El aumento de la delincuencia en los espacios vacacionales y recreacionales porque el número de efectivos policiales muchas veces es insuficiente para la cantidad de turistas que visitan el estado.
- Presencia de desechos sólidos en espacios urbanizados y de alta afluencia de turistas producto de la situación del servicio de recolección, traslado, separación de residuos y de disposición de desechos sólidos en el Estado de Nueva Esparta.
- Ocurrencia de movimientos en masa por deslizamiento de material a lo largo de las pendientes de las vertientes de los cerros Guayamurí y Matasiete, o de cauces de aguas cuando el material que se desprende se mezcla con la corriente de agua en los cortos periodos de concentración de lluvias.
- Se pueden generar eventos propiciados por la concentración de los montos de precipitación en las épocas de lluvia originando el desborde de las quebradas intermitentes ya sea de forma lenta o de tipo torrencial cubriendo los terrenos relativamente planos que se encuentran aledaños a sus riberas.

Para desarrollar el potencial agroturístico (cuadro 12) de la finca se debe conocer la capacidad del espacio rural para desarrollar actividades productivas primarias (agropecuarias) en conjunto con otras actividades secundarias (artesanales, productos alimenticios, etc.) y terciarias (turismo), teniendo como objetivo impulsar la cultura y desarrollo local sustentable (Gutiérrez y otros, 2013). Tomando en cuenta el análisis situacional expuesto anteriormente se pueden desarrollar algunas recomendaciones

teóricas para la realización de actividades agroturística en la finca de estudio aprovechando las diversas opciones de distracción con la naturaleza y principalmente con paisajes cultivados, lo que permite crear una nueva cultura de siembras sanas y como consecuencia de ellos cultivos eficientes, rentables y competitivos. Es por ello, que a partir de las condiciones ambientales y fisicoquímicas de los suelos determinadas anteriormente, se presentan algunas recomendaciones del uso potencial agroturístico de los suelos de la finca tomando como base la clasificación de la fertilidad previamente establecida (Figura 31).

Cuadro 12. *Temas y atributos propuestos para identificar el potencial agroturístico del municipio Antolín del campo donde se ubica la finca de estudio.*

Tema	Atributo
Región	De acuerdo al Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), la superficie del municipio Antolín del Campo es de 66 Km ² , lo cual representa el 5,7% del total del estado Nueva Esparta cuya extensión es de 1.150 Km ² .
Relieve	En el municipio predomina una topografía semiplana (pendientes inferiores al 5%) El Cerro Guayamuri se encuentra al norte del municipio con una altitud aproximada de 480 msnm y el Cerro Matasiete alcanza una altitud de 680 msnm.
Uso del suelo	Uso Urbano. Áreas que conforman los centros poblados. Uso Turístico-Recreacional. Áreas destinadas a satisfacer las necesidades y exigencias de los visitantes. Uso Agrícola. Áreas que poseen adecuadas condiciones físico-naturales, especialmente edáficas y climáticas para el desarrollo de actividades agrícolas. Zonas Protectoras. En este orden está ubicada la franja de los ochenta (80) metros y todas aquellas áreas cuyas características naturales merecen ser preservadas como recurso de incalculable valor. Uso Controlado. Está comprendido por todas aquellas áreas sometidas a alta preservación y control, hasta tanto se estudien y definan como figura legal para que sean protegidas y declaradas como Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE).
Infraestructura de transporte.	La principal vía es la local 04 La Asunción-Paraguachi, que cruza todo el municipio y se conecta en la localidad Manzanillo con la local 01 Juangriego-Santa Ana- La Asunción.
Hidrografía y Vegetación	Existen numerosas quebradas intermitentes que drenan de oeste a este desde la zona colinosa del municipio. Matorral: Se localiza en las tierras bajas y en el piedemonte y solo sobrepasan los 200 mts. de elevación. Bosque Seco: Localizados en las zonas montañosas con altura superior a 350 mts. Este tipo de vegetación se observa mayormente en los cerros Matasiete y Guayamurí.
Atractivos turísticos	Este municipio se destaca por el atractivo turístico y belleza escénica de sus playas, tales como Playa El Agua, Playa Parguito y Playa El Tirano.
Producción agropecuaria	coco, plátanos, raíces y otros cultivos menores aprovisionaron los mercados insulares cercanos. La cría de ganado mayor alcanzó también desarrollo. En la actualidad estas actividades han ido desapareciendo para dar paso a la pesca y al turismo.
Áreas naturales protegidas	Monumento Natural “Cerros Matasiete y Guayamuri”. Área Rural de Desarrollo Integral de todo el estado. Zona de Interés Turístico y de Utilidad Pública Punta Cabo Blanco-Punta Cazonero (Playa El Agua). Zona Protectora “Espacio Territorial Próximo a la Costa”. Zona Protectora “Islas e Islotes, Lagunas, Cabos y Puntas”.

Para el desarrollo de estructuras físicas la finca cuenta con un área aproximada de 9493 m² (figura 32), específicamente estas áreas se pueden desarrollar en las zonas que presentaron muy baja fertilidad estableciendo infraestructuras para desarrollar actividades de índole educativa y cultural, tales como charlas y presentaciones visuales sobre la historia y la cultura local, recorridos y experiencias educativas dirigidas a presentar las diferentes facetas de la actividad agrícola (figura 32). Así mismo, diversos locales para la venta de productos artesanales elaborados y para la degustación de artículos elaborados en la finca agroturística y garantizar los servicios necesarios para ofrecer la mayor comodidad y asistencia a los futuros turistas potenciales.

Del mismo modo, se pueden producir plantas en viveros que son lugares acondicionados para la germinación, crecimiento y cuidado de plantas forestales, frutales, ornamentales y medicinales, hasta que tengan una edad adecuada para ser trasplantadas (Piñuela y otros, 2013). Los viveros se ubicarían en áreas donde se encuentren expuestos al sol, con buena aireación para lograr obtener plantas listas para su siembra. Por otra parte, en canteros se puede generar compost a partir de residuos vegetales y humus producido por la lombriz californiana permitiendo la producción de abono orgánico que tiene muchos beneficios para la agricultura aumentando los nutrientes y en el caso de sitios con altos índices de radiación y suelos arenosos, permite conservar la humedad, entre otras cosas.

Por último en las zonas de muy baja fertilidad se pueden desarrollar sistemas de producción pecuaria considerados como la estrategia social, económica y cultural más apropiada para mantener el bienestar de las comunidades, debido a que es la única actividad que puede simultáneamente proveer seguridad en el sustento diario, conservar ecosistemas, promover la conservación de la vida silvestre y satisfacer los valores culturales y tradiciones (FAO, 2015).

Uso del suelo de la finca "Juan Caraballo Calderín" con fines agroturísticos

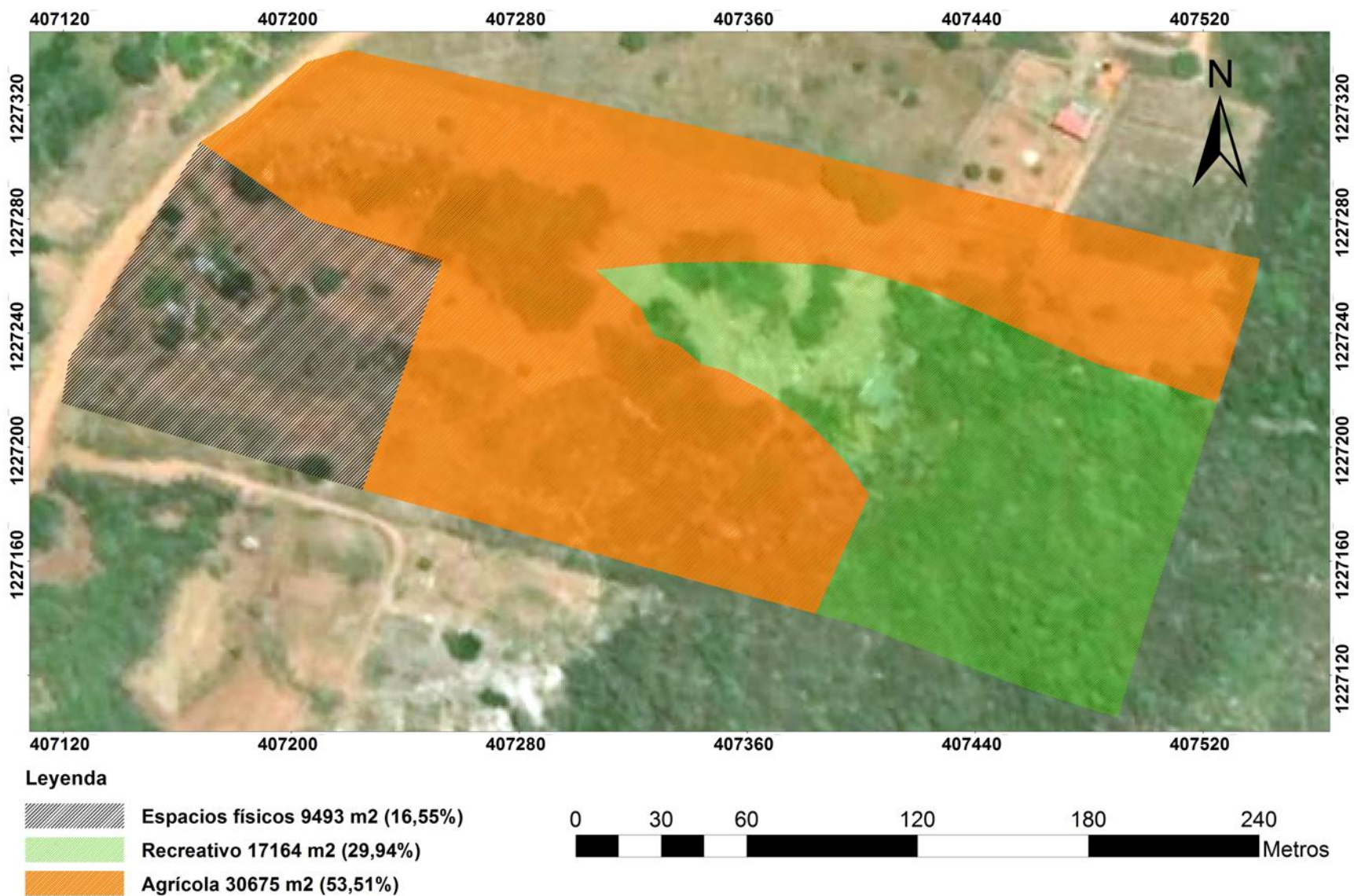


Figura 33. Uso potencial agroturístico de la finca "Juan Caraballo Calderín"

Para el desarrollo agrícola la finca cuenta con un área aproximada de 30675 m² (figura 32) ubicadas en áreas de baja y algunas de muy baja fertilidad, tomando en cuenta aspectos importantes de la producción agroecológica se puede desarrollar la explotación agrícola para aumentar la producción local de productos agrícolas vegetales y mejorar la calidad de vida de los productores del campo en general con algunos rubros tradicionales de la isla de Margarita, tales como: tomate margariteño, ají, pimentón, patilla, melón, berenjena, yuca, maíz, y árboles frutales tales como coco, mango, limón, níspero y anón.

Actividades recreativas que se pueden desarrollar en la finca agroturística (Constabel y otros, 2008):

Desarrollar talleres formativos prácticos de distintas temáticas relacionadas con la recolección de frutas y verduras, gastronomía, tratamientos de residuos, energías renovables y agricultura ecológica. De la misma manera dar a conocer y aprender las características, estilos de vida, entre otras cosas, de los productores, agricultores, animales y demás participantes de la finca agroturística a través de actividades recreativas. Proveer de un espacio para que el turista pueda realizar algún tipo de labor como: cosechar, labrar, sembrar, podar, regar y empacar con las medidas de seguridad necesarias, para conocer las principales actividades desarrolladas en la finca para la comprensión del impacto ambiental que estas labores provocan en el ambiente si no son aplicadas correctamente..

La finca cuenta con un área recreativa aproximadamente 17164 m² (figura 16) para desarrollar recorridos de cierta duración con la finalidad de ofrecer una función formativa a través de la interpretación ambiental, la educación e investigación a partir de la contemplación de la naturaleza y sus recursos. Los senderos de interpretación son sitios naturales que siguen un recorrido preestablecido en el que se establecen una serie de paradas en las que se interpretan diversos recursos para el conocimiento, la valoración y la conservación del espacio (Vidal y Moncada, 2006).

CONCLUSIONES

Las características físico geográficas del área de estudio son los que condicionan en gran parte el comportamiento de las propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados. De las características descritas el clima semiárido es el que genera fuertes restricciones de nutrientes por la radiación solar, evapotranspiración y las limitaciones en la disponibilidad del agua. Del mismo modo, la litología que aflora en el área tiene gran influencia en las propiedades químicas de los suelos de la finca, la Formación Falca compuesta principalmente de cuarzo no libera base alguna lo que disminuye la capacidad de intercambio catiónico. Por otra parte, la Metatrondjemita de Matasiete mineralógicamente aporta cationes como el sodio y magnesio que en grandes cantidades pueden ser perjudiciales para el desarrollo de las plantas.

En los suelos de la finca se observaron coloraciones probablemente resultantes de la herencia mineral del material parental, específicamente de la Formación Falca. Del mismo modo, los suelos presentaron buenas condiciones físicas para el desarrollo de las raíces de las plantas, debido a que son sueltos, con consistencias moderadas, buena aireación y permeables al agua, sin embargo, la textura gruesa originada por las arenas cuarzosas de la Formación Falca, generan limitaciones en cuanto a la retención de agua provocando una baja acumulación de materia orgánica y nutrientes que en su mayoría pueden ser perdidos por procesos de lixiviación en épocas de lluvia ocasionando disminuciones en la fertilidad química.

Las propiedades químicas como el pH están condicionados por las características antes mencionadas, la mayoría de los suelos presentan rangos óptimos de pH para el aprovechamiento de nutrientes, sin embargo, existe una baja disponibilidad de nutrientes. La MOS en climas semiáridos se encuentra condicionada a desarrollarse en sistemas donde hay presencia de vegetación y aportes de agua, en este caso, la MOS, C y N presentaron un incremento en suelos protegidos por parches de vegetación en comparación con los suelos desnudos, sin embargo, las relaciones de C/N pudieron generar aproximaciones de que los procesos de mineralización de la

materia orgánica son muy lentos producto de las restricciones en la disponibilidad de agua, lo cual puede generar limitaciones en la fertilidad de los suelos. Por otra parte, los contenidos bajos de MOS también pueden estar influenciando la baja disponibilidad del P, ya que es el único medio presente en el área de estudio que aporte fosfatos al suelo por la descomposición de la MOS.

La Formación Falca limita considerablemente las propiedades químicas de los suelos de la finca por estar compuesta mayoritariamente por cuarzo y caolinita, los cuales presentan una baja actividad química evidenciándose en los niveles bajos de CIC de los suelos analizados. Del mismo modo, la disminución de la actividad química se observa en las bajas concentraciones de cationes intercambiables, sin embargo, la presencia mayoritaria de cationes de Mg y Na demuestran la influencia de la Metatrondjemita de Matasiete en la adición de bases a los suelos de la finca.

Por tal razón, los suelos de la finca presentan una muy baja y baja fertilidad relacionado principalmente con las propiedades químicas analizadas, no obstante, las condiciones de fertilidad pueden ser modificadas por la presencia de islas de fertilidad las cuales pueden permitir regular la cantidad de nitrógeno, carbono y fósforo que ingresa, se almacena y se transforma en el suelo. A pesar de que los suelos presentaron niveles muy bajos de fertilidad se pudieron observar correlaciones entre propiedades químicas corroborando que la MOS tiene una alta influencia en el aumento de la CIC y otras propiedades químicas, indicando que la MOS es fundamental para el desarrollo químico de los suelos sin dejar a un lado la actividad bioquímica de los mismo.

Por último, dada las condiciones de desarrollo histórico, cultural y ambiental en las que se encuentra la finca, se pueden proponer proyectos que permitan combinar las actividades agrícolas con el turismo de la región para satisfacer las demandas del mercado internas y externas. El uso potencial agroturístico de la finca, se debe desarrollar tomando en cuenta la sustentabilidad de los sistemas agrícolas a largo

plazo fomentando el uso y manejo efectivo de los recursos naturales de los agroecosistemas.

A pesar de que los suelos presenten limitaciones de fertilidad, la finca tiene un gran potencial agroturístico para desarrollar actividades en primer lugar turísticas y con el manejo de la fertilidad de los suelos actividades agrícolas. Se puede promover el desarrollo local sustentable aprovechando opciones de distracción con la naturaleza, tomando en cuenta la cultura de siembras sanas, eficientes, rentables y competitivas.

Es por ello, que la propuesta para promocionar un turismo agroecológico desde nuestros municipios rurales con potencialidad turística es una buena medida para estimular el crecimiento de la actividad económica, promover las inversiones nacionales y extranjeras, así como para ofrecer una nueva fuente de ingresos y crear nuevos empleos para la población local tomando en cuenta la realidad agrícola y turística del país.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios sobre la microbiología de los suelos analizados para poder explicar algunas alteraciones en la calidad del suelo y poder conocer la importancia de los procesos bioquímicos del suelo para la producción y asimilación de nutrientes.

Continuar con el monitoreo de la dinámica de los nutrientes ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos así como la cantidad y calidad de las cosechas, están en relación directa con la disponibilidad de los nutrientes y las características de los suelos.

Detectar en próximos estudios la salinidad en los suelos, determinando propiedades como conductividad eléctrica, analizando el catión sodio con mayor profundidad ya que puede afectar y limitar fisiológicamente el crecimiento de las plantas.

Plantear proyectos agroturísticos y educativos en conjunto con las universidades de la región para desarrollar el potencial de la finca garantizando la calidad de vida de los habitantes y promoviendo espacios a los turistas con productos de calidad y con la premisa de la sustentabilidad.

Por otra parte, se recomienda continuar con la implementación de este tipo de estudios que permitan integrar los intereses agrarios y la protección del ambiente, a través de una gestión integrada del territorio y del ambiente.

Diversificar las actividades productivas de la finca, tomando medidas que ayuden en la conservación de los recursos naturales que se encuentran en el municipio, revalorizando los cultivos tradicionales ancestrales que han disminuido o que están a punto de desaparecer.

REFERENCIAS

- Aguilar S. (1995). Retos y oportunidades de la ciencia del suelo al inicio del siglo XXI. Terra.
- Alemán Vásquez, I. M., Paniagua, G., & Pablo, F. (2016). Comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en le LAFQA Departamento de Química, UNAN-Managua, Septiembre-Diciembre, 2015 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).
- Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. Quinta edición. Caracas: Editorial Espíteme.
- Arias, N., & Munévar, F. (2004). Capacidad de intercambio catiónico (CIC) Se encontró una CIC predominantemente baja (Figura 4) en los suelos de Puerto Wilches y ello está relacionado con la alta frecuencia de suelos de texturas gruesas y bajo tenor de materia orgánica. La baja CIC es una limitación ya que implica una baja capacidad de retener nutrientes y, por ende, las prácticas de fertilización deben incluir un mayor fraccionamiento para reducir las pérdidas por escorrentía y lixiviación.
- Arias, N., & Munévar, F. (2004). Caracterización de la fertilidad de los suelos de la Zona Central palmera de Colombia. Palmas, 25(4), 135-147.
- Balestrini Acuña, M. (2006). Como se elabora el proyecto de investigación. Caracas. Editorial Textos.
- Bastidas, A. (2000). Diagnóstico de fertilidad de suelos en pendientes inferiores a 25%. Boconó, estado Trujillo. Geoenseñanza, 5(2), 229-246.

- Berroterán, J., & Zinck, J. (2000). Indicadores de la sostenibilidad agrícola nacional cerealera. Caso de estudio: Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17(2).
- Bertoni, Castelnovo, Cuello, Fleitas, Pera, Rodríguez y Rumeau. (2011). ¿Qué es el desarrollo? ¿Cómo se produce? ¿Qué se puede hacer para promoverlo? Construcción y análisis de problemas del desarrollo. Documento en Línea. Disponible en: <http://prebisch.cepal.org/sites/default/files/Manual%20Qu%C3%A9%20es%20el%20Desarrollo%20Bertoni%20et%20al.pdf>
- Blanco, M., & Riveros, H. (2010). El agroturismo como diversificación de la actividad agropecuaria y agroindustrial. IICA, Desarrollo de los agronegocios y la agroindustria rural en América Latina y el Caribe: Conceptos, instrumentos y casos de cooperación técnica (págs. 21-29). San José: Autor.
- Bolívar, H. (2011). Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *CICAG: Revista del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales*, 8(1), 1-18.
- Bravo, J. D. (2000). Breve introducción a la cartografía ya los sistemas de información geográfica (SIG). Ciemat.
- Calderón Puig, A. A., Cruz, M., Yosnel, J., Martín Cárdenas, J. V., & Mayo, I. (2013). La fertilidad de los suelos y su importancia en el empleo de bioproductos en la provincia de Sancti Spíritus. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 16-23.
- Calderón Puig, A., Lara Franquis, D., & Cabrera Rodríguez, A. (2012). Confección de mapas temáticos para evaluar la fertilidad del suelo en las áreas agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 33(1), 11-18.

- Casanova, E. (2005). Introducción a la ciencia del suelo. UCV CDCH. Caracas Venezuela
- Celaya-Michel, H., & Castellanos-Villegas, A. E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356.
- CHACHATI B. & MACSOTAY O. 1985. Estudio geodinámico y geoquímico de rocas meta-ácidas de Paraguaychoa (Sic), Venezuela Nororiental VI Congreso Geológico Venezolano, Mem. 3:15861622.
- Chávez, N. (1994). Introducción a la investigación. Maracaibo ARS Graficas, Venezuela
- Colotti, E., Cedeño, M., & Montañez, C. (2013). La sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola en la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela período 1972-2004. *Terra*, 29(45), 11-53.
- Constabel, S., Oyarzun, E., & Szmulewics, P. (2008). Agroturismo en Chile. Caracterización y perspectivas.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial, 36.870, Diciembre 30, 1999.
- COX, M.S.; GERARD, P.D.; MELINDA, A.J. 2006. Selected soil properties variability and their relationships with yield in three Mississippi fields. *Soil Sci.* 171:541-551.
- Crespo, G., Rodríguez, I., Otero, L., Calero, B., & Fraga, S. (2006). Metodología para la evaluación integral del estado de fertilidad de los suelos en una región ganadera de La Habana. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(4), 495-502.

- Cristóbal-Acevedo, D., Álvarez-Sánchez, M. E., Hernández-Acosta, E., & Améndola-Massiotti, R. (2011). Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 325-332.
- Dávila, B. S. (2006). Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono. C:/Users/PC/Documents/My%20Bluetooth/Caracterización%20de%20la%20materia%20orgánica%20de%20suelos. pdf.
- de Venezuela, L. E. (1997). Léxico estratigráfico de Venezuela. *Ministerio de Energía y Minas. Tercera edición: Boletín Geológico*, 12, 1-828.
- deDagua, A. D. M. (2001) Plan Básico de Ordenamiento Territorial 2001-2009.
- Delgado, R. y Casanova, E. (2011). El rol del suelo en el desarrollo de la agricultura sustentable: la necesidad de integración de procesos del sistema suelo-cultivo-hombre-ambiente. *Venesuelos*, 15(1), 7-14.
- Díaz, J. y Ascoli, J. (2006). Reflexiones sobre el Desarrollo Territorial y Local. Universidad Rafael Landívar: Guatemala.
- Domínguez Soto, J. M., Gutiérrez, R., Delia, A., Prieto García, F., & Acevedo Sandoval, O. (2012). Sistema de notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 141-155.
- Donahue, R. L. (1981). Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas (No. 04; S591, D6.).
- Dourojeanni. (1993). Procedimientos de gestión para un desarrollo sustentable. ONU/CEPAL. Santiago de Chile, Chile.

- Elizondo-Salazar, J. A. (2006). El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 69-77.
- Espinoza, L., Slaton, N. A., & Mozaffari, M. (2012). *Como interpretar los resultados de los análisis de suelos*. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating.
- Espinoza, L., Slaton, N. A., & Mozaffari, M. (2012). Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating.
- FAO. (2015). Propiedades Químicas. 01/11/2015, de FAO Sitio web:<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). Manual de procedimientos analíticos. Laboratorio de Física de Suelos. Departamento de Edafología, Instituto de Geología UNAM.
- Gadotti, M. (2002.) *Pedagogía de la tierra*, México: Siglo Veintiuno Editores.
- Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortiz, M., Galeano, M. D. P., & Cabrera Cardús, A. J. N. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46), 4-26.
- Garrido Valero, S. (1994). Interpretación de análisis de suelos (No. 16489/J). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Gilabert de Brito, J; Arrieche Luna, IE; León Rodríguez, M; López de Rojas, I (comp.). 2015. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de

métodos y procedimientos de referencia. Maracay, VE, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 215 p.

Gisbert Blanquer, J. M., Ibañez Asensio, S., & Moreno Ramón, H. (2010). La textura del suelo.

Gómez, A., Rodríguez, L., & Acosta, Y. (2012). El agroturismo como opción de diversificación económica en la comunidad de Yaracal, estado Falcón. *Multiciencias*, 12, 331-336.

González, M. (2015). Análisis de suelo con fines de fertilidad: utilidad e importancia. *INIA DIVULGA. Volumen* (31), 32-35.

González, V. (2007). La vegetación de la Isla de Margarita y sus interrelaciones con el ambiente físico. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 167, 131-161.

González-Fernández, P., Ordóñez-Fernández, R., Espejo-Serrano, R., & Peregrini-Alfonso, F. (2003). Cambios en el pH del perfil de un suelo ácido cultivado y enmendado con diversos materiales para incrementar su fertilidad. *Estudios de la Zona no saturada del suelo*, 6, 373-378.

Gutiérrez, J. R., & Squeo, F. A. (2004). Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Revista Ecosistemas*, 13(1).

Gutiérrez, M., & Rodríguez, J. (2015). Metodología para la elaboración del mapa de aridez del estado Nueva Esparta, Venezuela. *Terra*, 31(50), 131-154.

Gutiérrez, M., Joselyn, M., Pérez-Vázquez, A., Piñar Álvarez, M. D. L. Á., García Albarado, J. C., & Asiain Hoyos, A. (2013). Potencial agroecoturístico del

estado de Veracruz mediante un Sistema de Información Geográfica. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(SPE5), 1049-1054.

Henríquez, C., Méndez, J. C., & Masís, R. (2013). Interpolación de variables de fertilidad de suelo mediante el Análisis kriging y su validación¹. Agronomía costarricense, 37(2), 71-82.

Hernández, D. E. G. (2015). Estructura, diversidad y perfil fisiológico de la comunidad bacteriana del suelo en las islas de recursos del mezquite amargo (*prosopis articulata* S. Watson) en relación con la diversidad de plantas (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC).

Hernández, R, Fernández, C y Baptista, P. (2003). Metodología de la Investigación. . Tercera edición. México: Mc Graw – Hill.

Hernández, R. M. H., Morros, M. E., Medina, C. A. B., Pérez, Z. L., Díaz, P. E. H., Hernández, A. O & Fernández, B. O. B. (2011). La integración del conocimiento local y científico en el manejo sostenible de suelos en agroecosistemas de sabanas. Interciencia, 36(2), 104-112.

Herrera, J. P. (1967). GEOLOGIA Y MINERIA DE LOS DEPOSITOS DE MAGNESITA DE LA ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA; GEOLOGY AND MINING OF MAGNESITE DEPOSITS IN MARGARITA ISLAND, VENEZUELA In Spanish.

Inche, Andía, Huamanchumo, López, Vizcarra, y Flores. (2003). Paradigma Cuantitativo: Un Enfoque Empírico y Analítico. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6_n1/pdf/paradigma.pdf

Ing. Agr. María Florencia Benimeli; Lic. Adriana Plasencia Ing. Agr. M.Sc. Roberto D. Corbella; Ing. Agr. Dorkas Andina Guevara Ing. Agr. M.Sc. AgustinSanzano; Ing. Agr. M.Sc. Francisco A. Sosa Ing. Agr. Juan Fernández de Ullivari. (2019) Nitrógeno del suelo. Catedra de edafología. Facultad de agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucuman.

INIA. (2015). Los recursos naturales y el INIA.

Instituto de la Potasa y el Fosfato. (1997). Manual Internacional de la Fertilidad del Suelo. INPOFOS, Quito, Ecuador. sp.

Instituto Nacional de Estadística. (2007). Informe Geoambiental, Estado Nueva Esparta. Artículo disponible en:
http://www.ine.gov.ve/documentos/Ambiental/PrincIndicadores/pdf_ANT/Informe_Geoambiental_Nueva_Esparta.pdf

Instituto Nacional Tecnológico. (2016). Manual del Protagonista Prácticas de Conservación de Suelos y Agua. Dirección General de Formación Profesional.

Jaramillo, J. D. F. 2002. Ciencia del Suelo. Universidad Nacional del Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 619 p.

Jarquín-Sánchez, A., Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Camacho-Chiu, W., &Guerreto-Peña, A. (2011). Análisis de nitrógeno total en suelos tropicales por espectroscopía de infrarojo cercano (NIRS) y quimiometría. Agrociencia, 45(6), 653-662.

Jiménez, J. Y. (1989). Análisis de suelos y su interpretación. Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros, 49, 75-89.

Jordán, A. (2006). Manual de edafología. España, Universidad de Sevilla.

- Kass C.L D (1998). Fertilidad de suelos. Euned, San José Costa Rica. 232 pp
- Kuehn, D. 2009. AgritourismDevelopment. New York: NY Sea Grant.
- Labrador, J. EL SUELO COMO PRODUCTO DE LA COOPERACIÓN ENTRE LO FÍSICO Y LO ORGÁNICO. *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología. 185 p. La Habana. Mayo, 2015. Coordinación editorial: Iñaki Liceaga Edición, diseño y composición: Eduardo Martínez Oliva Corrección científica: Fernando Funes Aguilar, 28.*
- Lara, E. L., Simeón, C. P., & Navarro, J. G. M. (2006). Los sistemas de información geográfica. *Geoenseñanza, 11*, 16.
- Lárez, C. E. M. (2009). COMPARACIÓN DE LA IMAGEN DEL DESTINO TURÍSTICO: ISLA DE MARGARITA.(VENEZUELA), POR PARTE DE LOS TURISTAS NACIONALES E INTERNACIONALES. *Gestión turística, (12)*, 51-84.
- Ley de Tierras y Desarrollo Agrario. Gaceta Oficia de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.991 Extraordinario. Julio, 29, 2010.
- Ley Orgánica del Ambiente. (2006). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.833. *Diciembre, 22*, 2006.
- LIZCANO, R. (2017). Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos, Ed. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Ecuador.
- López, M., Rodríguez, B., & España, M. (2010). Tecnologías generadas por el Inia para contribuir al manejo integral de la fertilidad del suelo. *Agronomía Tropical, 60*(4), 315-330.
- Marisol, L., Belkys R. y Mingrelia, E. (2010). Tecnologías Generadas por El INIA para Contribuir al Manejo Integral de la Fertilidad del Suelo.

http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at6004/at6004_lopez.pdf *Agronomía Trop.* 60(4): 315-331.

Martin, F. (2004). *La encuesta: una perspectiva general metodológica*. Editorial: Centro de Investigaciones Sociológicas.

Martínez H, Eduardo, Fuentes E, Juan Pablo, & Acevedo H, Edmundo. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

Martínez, E., & Andrades, M. (2014). Fertilidad de los suelos y parámetros que la definen.

Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96.

Matheus, J. Santos-Osechas, J., Briceño, G., Simancas, D. y Montilla, L. (2017). Efecto de la Incorporación del Biofertilizante Azotofos en el Potencial Biológico de dos Sustratos Empleados para la Producción de Cítricos En Trujillo, Venezuela. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/45523/art%C3%ADculo%205.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Matus, F. J., Maire, G., & Christian, R. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica*, 60(2), 112-126.

McKean, S. (1993). *Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías*.

Mendoza, R. B., & Espinoza, A. (2017). *Guía técnica para muestreo de suelos*.

- Mikkelsen, R. (2010). Soil and fertilizer magnesium. *Bettercrops*, 94(2), 26-28.
- Mikkelsen, R. 2010. Soil and Fertilizer Magnesium. *Better Crops* 94(2):26-28.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. (1997). Plan de Ordenación del Territorio del Estado Nueva Esparta.
- Mireles, M. (2015). El suelo un recurso vital para el crecimiento y desarrollo del ecosistema, *INIA DIVULGA. Volumen* (31), 02-04.
- Moncayo-Riascos, M. C., & Gálvez-Cerón, A. (2018). Islas de fertilidad: una revisión sistemática de su estructura y operación. *Idesia (Arica)*, 36(1), 115-122.
- Munera, G., & Meza, D. (2012). El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. Manual. Universidad Tecnológica de Pereira. 52p.
- Munsell Soil Color Charts (1990) Edition Revise. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation 2441 North Calvert Street Baltimore, Maryland 21218.
- Muñoz Iniestra, D. J., Chávez Mosqueda, M., Godínez Álvarez, H. O., & Cuéllar Arellano, N. A. (2017). Cambios edáficos en islas de fertilidad y su importancia en el funcionamiento de un ecosistema del valle de Tehuacán Puebla, México. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 123-133.
- Navarro, S.; Navarro, G. (2003) Química Agrícola. El Suelo Y Los Elementos Químicos Esencias Para La Vida Vegetal. Mundi-Prensa Libros. España.
- NOM-2000, Norma Oficial Mexicana (2000) que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. NOM-021-REC-NAT-2000. Diario Oficial 31 de diciembre de 2002. México

- Organización de las Naciones Unidas. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común, o Informe Brundtland.
- Orsag, C., León, P., Pacosaca, Y., & Castro, R. (2013). Evaluación de la fertilidad de los suelos para a producción sostenible de quinua. *Tinkazos*, 16(33), 89-112.
- Osorio, N. W. (2012). pH del Suelo y Disponibilidad de Nutrientes. *Revista Manejo integral del suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4).
- Perdomo, C., &Barbazán, M. (2003). Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad nitrógeno. Montevideo, Uruguay.
- Perroni Ventura, Y. (2007). Islas de fertilidad en un ecosistema semiárido: nutrimentos en el suelo y su relación con la diversidad vegetal (Doctoral dissertation).
- Piedrahita, O. (2011). Capacidad de Intercambio Catiónico. *Obtenido de [http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/CAPACIDAD% 20DE% 20INTERCAMBIO% 20CATIONICO. pdf](http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/CAPACIDAD%20DE%20INTERCAMBIO%20CATIONICO.pdf)*.
- Pinzón Valverde, M. Y. (2018). Caracterización de la Salinidad, y las Propiedades Físicas de los Suelos de la Comunidad Campesina De Morrope.
- Piñuela, A., Guerra, A., & Pérez, E. (2013). Guía para el es-tablecimiento y manejo de viveros agroforestales.
- PNUD. (2008). “El medio ambiente y el desarrollo sostenible”, en Inforápida, julio.
- Porta, L , López Acevedo, M. &Roquero, (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España, Edit. Mundi-Prensa, 807p.

- Pretty, J. (1995). Regenerating agriculture: Policies and practice for sustainability and self reliance, Gran Bretaña: Earthscan Publications.
- Queitsch, J. (1997). Reflexiones sobre el concepto de desarrollo sustentable. Agricultura ¿Sustentable o sostenible?. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Rekowski, F., & Rivas, L. (2005). Integración geológica de la isla de Margarita, estado Nueva Esparta. *GEOS, Universidad Central de Venezuela, Caracas*, 38, 97-98.
- Rey, J. C. (2015). Limitaciones y potencialidades de los suelos de Venezuela. *INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS*, 61.
- Riveros, S., & Blanco, M. (2003). El agroturismo, una alternativa para revalorizar la agroindustria rural como mecanismo de desarrollo local (No. IICA SDT-18). IICA, Lima (Perú). PRODAR.
- Rodríguez, M., Rey, J. y Cortez., (2015). Importancia de la alianza del sistema de información geográfica y suelo en la planificación de una agricultura sustentable. *INIA DIVULGA. Volumen (31)*, 51-55.
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Palmas*, 25(2), 98-104.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Montevideo, Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- Sabino, C (1986). El proceso de Investigación. Editorial Humanitas, Caracas.

- Sadeghian, S., & ZAPATA, R. (2015). Propiedades relacionadas con la adsorción de cationes intercambiables en algunos suelos de la zona cafetera de Colombia.
- Salazar, L. A. L., Valencia, N. R., & Khalajabadi, S. S. (2015). Disponibilidad de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} en función de las propiedades del suelo, zona cafetera central de Colombia. *RIAA*, 6(1), 29-42.
- Salcedo, R. L. (2007). Análisis de la erosividad de la lluvia en Isla de Margarita (Venezuela) a través de datos de precipitación horaria. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (44), 167-169.
- Sánchez, S, Hernández, M y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. Documento en Línea. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000400001
- Sanz, V., Riveros, M., GUTIÉRREZ, M. Y. L. E. N. E., & Moncada, R. (2011). Vegetación y uso de la tierra en el estado Nueva Esparta, Venezuela: un análisis desde la ecología del paisaje. *Interciencia*, 36(12), 881-887.
- Sanzano, A. (2006). Fosforo del suelo. Química del suelo.[Fecha de acceso 6 de Abril de 2013]. URL disponible en: <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo%20del%20Suelo.pdf>.
- Sarría, F. (2006). Sistemas de información geográfica. *Universidad de Murcia*, 239.
- Sayadi, S., & Calatrava, J. (2001). Agroturismo y desarrollo rural: Situación actual, potencial y estrategias en zonas de montaña del sureste español. Cuadernos de turismo, (7), 131-157.

- Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Recuperado de: <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/08/00428-muestreoyanalisisdesuelos.pdf>.
- Sendra, J. B., & García, R. C. (2000, January). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. In *Anales de Geografía de la Universidad complutense* (Vol. 20, p. 49).
- Tamayo y Tamayo, M. (1997). "Diccionario de la Investigación Científica". Editorial Blanco, México.
- Taylor, G. C. (1960) Geología de la Isla de Margarita Venezuela. Cong. Geol. Venez. 3. Caracas, 1959. Bol. Geol. Esp. 3 MMH, Caracas: 838-893.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Reverté.
- Toledo, M. (2016). Manejo de suelos acidos de las zonas altas de Honduras: Conceptos y metodos.
- Torres, D., Álvarez, J., Contreras, J., Henríquez, M., Hernández, W., Lorbes, J., & Mogollón, J. P. (2017). Identificación de potencialidades y limitaciones de suelos agrícolas del Estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 29(3), 207-218.
- Torres-Guerrero, C. A., Etchevers, B., Jorge, D., Fuentes-Ponce, M. H., Govaerts, B., León-González, F. D., & Herrera, J. M. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 71-84.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL. (2005) Manual de Trabajos de Grado de Maestría y Tesis Doctorales. Caracas, Venezuela.
- USDA. (1977). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México.

- Vargas Rojas, R. (2009). Guía para la descripción de suelos (No. FAO 631.44 G943 2009). FAO, Roma (Italia).
- Vázquez, A. (2000). "Desarrollo económico local y descentralización: aproximación a un marco conceptual", Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Vázquez, M.E. 2005. Calcio y Magnesio, acidez y alcalinidad del suelo. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos (ed HE Echeverría y FOGarcía). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 161-188.
- Vidal, L. M., & Moncada, J. A. (2006). Los senderos de interpretación ambiental como elementos educativos en Venezuela. *Revista de investigación*, (59), 41-63.
- Vila, P. (1960). *Geografía de Venezuela* (Vol. 2). Dirección de Cultura y Bellas Artes, Departamento de Publicaciones.
- Villarroel, R. B. (2000). Diagnóstico de la fertilidad del suelo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Remehue.
- Villarroel, R. B., & Bortolameolly, G. (2000). Diagnóstico de la fertilidad del suelo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Remehue.
- Villasanti, C., Román, P., & Pantoja, A. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. Paraguay: FAO.