

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**EFICIENCIA DE UN SISTEMA AGRO-SILVO-PASTORIL PARA  
ENFRENTAR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

KATERINE LINETH RODRÍGUEZ FRANCO

8-893-1174

PANAMÁ, PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2019

EFICIENCIA DE UN SISTEMA AGRO-SILVO-PASTORIL PARA  
ENFRENTAR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OBTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

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

APROBADO:

PROF. CARLOS HIM GONZÁLEZ PhD

---

DIRECTOR

PROF. LOURDES RUBATIBO

---

ASESOR

PROF. EDGAR CHACÓN

---

ASESOR

PANAMÁ, PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2019

## **AGRADECIMIENTO**

A: **Dios**

Por la vida misma, por brindarme sabiduría, salud, protección durante mis años de estudio.

**Mis Padres**

Edilsa Franco y Agustín Rodríguez, por el sacrificio, amor, confianza, apoyo y comprensión brindado.

**Mis Hermanas**

Damarys y Meybeline, por valorarme y brindarme siempre su amor incondicional.

**Profesor asesor**

Doctor Carlos Him, por mostrarse interesado y persistente por mi trabajo de graduación.

**Dueño de la finca**

Señor Nicolás Bravo y familia, por abrirme las puertas de su casa y propiedad, permitir que realizara mi investigación y por su amabilidad y disponibilidad.

**Mis Amigos**

Rocío, Selene, Alberto y Marvin, por su aprecio, apoyo moral y amor.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo quiero dedicar primeramente a Dios porque sin Él nada sería posible ¡por Ti Señor, puedo lograr esta meta! A mis padres, por alentarme a ser una persona de bien y toda la confianza que depositaron en mí y, por último, a mi pequeña sobrina Eimy Dayanis que con la alegría e inocencia que irradia nos contagia a todos de un amor puro.

# EFICIENCIA DE UN SISTEMA AGRO-SILVO-PASTORIL PARA ENFRENTAR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## RESUMEN

Palabras Claves: Cambio climático, monocultivos, agro-silvo-pastoril, agroforestal, silvopastoril, ganadería convencional, resiliencia, diversidad ecológica, temperatura, suelo, clima, adaptación.

El cambio climático hace referencia al cambio del clima que es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, la cual altera la composición de la atmósfera global (IPCC, 2007). El sector agropecuario también ha contribuido a dicho cambio a través de sus metodologías de producción tradicionales en la que se deforesta y queman los predios para el establecimiento de pasturas o monocultivos. De esta manera se desarrolló la finca Tres Hermanas, que es uno de los dos predios que forman parte de este estudio, pero también se puede producir de manera amigable y sostenible, en la que se integra el componente arbóreo y este brinda una variedad de beneficios a la producción, tal es el caso de la finca El Roblecito. La misma cuenta con un modelo agro-silvo-pastoril, que se comparó con la primera finca, a través de la medición de indicadores que nos permitió conocer cuanta ventaja ha tenido el sistema productivo diversificado del convencional.

Es importante resaltar que ambas fincas se encuentran en la provincia de Darién, pero localizada en cuencas distintas, aun así, sus características en cuanto al suelo, clima, topografía, son muy similares.

En 5.5 hectáreas, la finca Tres Hermanas, cuenta con 41 árboles en la que el 78% corresponden a palmas como *Cryosophila guagara*, mientras que en una superficie de 4.92

hectáreas la finca agro-silvo-pastoril mantiene 390 árboles frutales, maderables, forrajeros, más 45 arbustos de *Borojoa patinoi*, un zoo criadero de iguanas y un apiario; toda esta diversidad, le brindó ventajas como tener hasta tres grados Celsius de temperatura del aire menos que la finca convencional y en el suelo 1.8 grados Celsius menos, porcentajes de humedad relativa promedio de seis meses de 81 en el componente agroforestal y 77 en el silvopastoril y el convencional 69 por ciento. Además de otras ventajas como una mayor presencia de biodiversidad gracias al alimento y refugio que proveen los árboles en la finca con modelo agro-silvo-pastoril, control de erosión, mayor porcentaje de materia orgánica. Demostrando estos últimos que son capaces de mantener ventajas ante incrementos de temperaturas que sean ocasionados por el cambio climático.

<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR</b>	<b>3</b>
1.2. <b>ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
1.3. <b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>7</b>
1.4. <b>OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
1.4.1. <b>Objetivo general</b>	<b>9</b>
1.4.2. <b>Objetivos específicos</b>	<b>9</b>
1.5. <b>HIPÓTESIS</b>	<b>10</b>
1.6. <b>ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO</b>	<b>11</b>
1.6.1. <b>Alcances</b>	<b>11</b>
1.6.2. <b>Limitaciones</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>13</b>
2.1. <b>Cambio climático</b>	<b>13</b>
2.2. <b>Sistemas agroforestales</b>	<b>15</b>
2.3. <b>Características de la agroforestería</b>	<b>16</b>
2.4. <b>Clasificación de los sistemas agroforestales</b>	<b>17</b>
2.5. <b>Ventajas de los sistemas agroforestales</b>	<b>17</b>
2.6. <b>Algunas restricciones de los sistemas agroforestales</b>	<b>18</b>
2.7. <b>Papel de los Árboles</b>	<b>19</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
3.1. <b>Materiales y equipo</b>	<b>23</b>
3.2. <b>Métodos</b>	<b>25</b>
3.2.1. <b>Caracterización biofísica</b>	<b>25</b>
3.2.2. <b>Inventario forestal</b>	<b>25</b>
3.2.3. <b>Temperatura del aire</b>	<b>28</b>
3.2.4. <b>Temperatura de suelo</b>	<b>29</b>
3.2.5. <b>Humedad relativa</b>	<b>30</b>
3.2.6. <b>Velocidad de infiltración</b>	<b>31</b>
3.2.7. <b>Punto de marchitez permanente</b>	<b>33</b>
3.2.8. <b>Capacidad de campo</b>	<b>36</b>
3.2.9. <b>Densidad aparente</b>	<b>36</b>
3.2.10. <b>Granulometría</b>	<b>37</b>

<b>3.2.11. Materia orgánica</b>	37
<b>3.2.12. Propiedades químicas de los suelos</b>	38
<b>4. RESULTADOS</b>	39
<input type="checkbox"/> <b>Finca agro-silvo-pastoril</b>	39
<input type="checkbox"/> <b>Finca con sistema ganadero convencional</b>	39
<b>5. DISCUSIÓN</b>	99
<b>6. CONCLUSIONES</b>	116
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	119
<b>8. REFERENCIAS CITADAS</b>	120
<b>ANEXOS</b>	



**1. INTRODUCCIÓN** La producción agrícola y pecuaria se ha basado a través de los años en el establecimiento de monocultivos y pasturas, con técnicas tradicionales como tala y quema de la vegetación existente. Esta metodología ha impactado negativamente al ambiente contribuyendo a la pérdida de cobertura vegetal, de biodiversidad y al calentamiento global. Esta situación se verá agravada por los impactos del cambio climático, que incluyen variaciones en los regímenes de precipitación, aumentos de temperatura y la incidencia de eventos climáticos extremos como la oscilación del sur (ENOS). Por otro lado, la política nacional de cambio climático tiene como objetivo promover acciones a la adaptación al mismo. Los sistemas agroforestales poseen muchas ventajas sobre los monocultivos para responder a la demanda de una agricultura multifuncional y que proveen servicios ambientales. Tal es el caso de la finca agro-silvo-pastoril El Roblecito, en la que su propietario produce en 49,169 metros cuadrados, cultivos para autoconsumo y venta de excedentes, ganado bovino y caprino, incluyendo en dicha producción árboles frutales y maderables, que le han ofrecido ventajas como la regulación de estrés hídrico en el ganado, en cultivos y pastos, microclimas favorables para cultivos como café (*Coffea spp*) y borojó (*Borojoa patinoi*), entre otros beneficios. Estas características que le permiten minimizar los impactos del cambio climático. Esta investigación está basada en la medición de dichas propiedades en la finca antes mencionada y otra con modelo convencional, ambas ubicadas en la provincia de Darién. Se seleccionaron 10 indicadores: caracterización biofísica, inventario forestal, temperatura de aire y suelo, humedad relativa, velocidad de infiltración, punto de marchitez permanente, humedad a capacidad de campo, densidad aparente y laboratorio de suelo (incluye pH, textura, macro y micronutrientes, materia orgánica, entre otros.). Esto nos

permitirá conocer cuánta ventaja tiene una finca con sistema agro-silvo-pastoril versus una con sistema convencional ante las condiciones actuales producidas por el cambio climático.

1.1. **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR** En América tropical el mayor uso de suelo de los agro-ecosistemas, en la actualidad se encuentra en pasturas. El incremento de esta actividad se ha realizado en mayor parte de los casos sobre la reducción de ecosistemas naturales (E. Murgueitio, M. Ibrahim, 2009).

El mapa de capacidad agrológica de Panamá, según el sistema norteamericano, indica que en nuestro país el 17.2 por ciento de los suelos son de vocación agrícola, 53.2 por ciento son de vocación forestal, frutales o pasto y el 19.7 por ciento debe destinarse a parques, áreas de esparcimiento, reservas y otras (Atlas de la República de Panamá, 2010). Se estima que la agricultura extensiva ha excedido la cantidad de tierras aptas para la misma, cultivándose más del 30 por ciento de las tierras del país (Tarté, 2012).

Las condiciones de la cobertura boscosa en Panamá obedecen en primer término, al cambio de uso del suelo de vocación forestal, debido a la expansión de actividades como la agricultura migratoria y la ganadería extensiva, las cuales implican deforestación, entre el año 1992 y 2000 se deforestó en Panamá por año más de 41,000 hectáreas (ANAM, 2009). En donde posteriormente se desarrollan actividades agropecuarias que llevan a cabo métodos de producción tradicional insostenibles, que tienen efectos a nivel local y regional tales como, la degradación y compactación de los suelos, pérdida de su productividad, pérdida de regulación hídrica, además, el uso del fuego como estrategia de manejo para repeler la sucesión vegetal, que deja el suelo desprotegido y susceptible a la erosión hídrica, contaminación del agua y suelo por el uso de agroquímicos (tres kilogramos *per cápita/año*) para el control de malezas y fertilización. (Tarté,2012)

El problema con la deforestación en el mundo es que es una de las principales causas que contribuye al cambio climático, lo cual se traduce en una amenaza para la sociedad, exige

una respuesta y obliga a identificar alternativas que ayuden a mitigar el cambio climático y disminuir la vulnerabilidad hacia el mismo, mediante medidas de adaptación (Resiliencia) (Política Nacional Forestal, ANAM,2009).

La política nacional forestal incluye entre sus programas y actividades la agricultura sostenible, la agroforestería y sistemas agro-silvo-pastoriles (ANAM, 2009). Lo que deja a los métodos de producción tradicional con menor capacidad de resistir los efectos adversos del cambio climático, como lo son la variabilidad y reducciones en las precipitaciones, sequías más prolongadas, aumento de temperatura e inundaciones en áreas bajas, entre otros. Es por ello que los sistemas agro-silvo-pastoriles se sugieren como una alternativa para enfrentar estas inclemencias climáticas. Su heterogeneidad le permite combinar árboles, animales y cultivos en un mismo espacio aumentando la diversidad, buscando un concepto de semejanza con los sistemas naturales, por tanto, presentan indicadores que los convierten en una alternativa para resistir el cambio climático.

Esta investigación busca definir cuáles son esas características que presentan las fincas con sistemas agroforestales, que las diferencian de los sistemas convencionales, pues las hacen más resistentes y que le permiten asegurar su producción y sustentabilidad ante la presente amenaza del cambio clima.

1.2. **ANTECEDENTES** La Finca el Roblecito está ubicada en la cuenca número 154 del Río Chucunaque, la cual presenta un clima tropical con estación seca prolongada, zona de vida según **Holdridge** bosque tropical húmedo, con una precipitación media anual entre los 1,801-2100 milímetros. En general los suelos con una capacidad agrológica clase IV con pendientes que oscilan entre 10 y 14 por ciento, arable de zonificación para agricultura, afectados por la erosión principalmente durante la época lluviosa. En la geología regional, la finca se encuentra dentro de la formación Chucunaque del período terciario con areniscas, siltitas, arcillas y conglomerados.

Estas características físicas influyeron en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias de la región las cuales se dieron a través del manejo tradicional (roza y quema), se realizaban limpiezas manuales y con el uso químicos (herbicida), no se fertilizaba y no se realizaban prácticas de conservación de suelos, se plantaron aquellos cultivos necesarios para subsistir como maíz (*Zea mais*), arroz (*Oryza sativa*), plátano (*Musa paradisiaca*), ñame (*Dioscorea alata*), yuca (*Manihot sculenta*), frijoles (*Vigna sinensis*) y algunos árboles frutales como mango (*Manguijera indica*), pero las malas técnicas de producción redujeron la fertilidad de estos terrenos. A finales de los años 80 el señor Nicolás Bravo adquiere el predio con 49,169 metros cuadrados, donde inmediatamente comienza a aprovecharlo bajo su propio criterio, con una visión de producir lo más amigable posible con el ambiente (Nicolás Bravo, 2008). Plantó cultivos permanentes, encaminando el manejo de policultivos; cultivando inicialmente plátano (*Musa paradisiaca*) asociado con árboles maderables, frutales y animales (especies menores). Puso en prácticas medidas de conservación de suelos, a fin de reducir la erosión por escorrentías, a través de la colocación de tocones de maderas en forma de diques en las áreas más afectadas, barreras muertas

(piedras) y vivas (*Vetiveria zizanioides*); además plantó palmas de cocotero (*Cocos nucifera*) y aguacate (*Persea americana*) a orillas de las quebradas, como medida de retención de suelo; todas estas prácticas, las ha aplicado tomando como base el conocimiento que posee sobre manejo de suelo, obtenido a través de observaciones, iniciativas propias y capacitaciones, hasta conseguir un sistema de producción que integra el componente agrícola, forestal y animal, que ha diferenciado su finca del resto de las propiedades de la provincia.

La finca se encuentra dividida en diferentes parcelas: el sistema agroforestal cuenta con una superficie de 12,889 metros cuadrados, el sistema silvopastoril 25,811 metros cuadrados, un zoo criadero de iguanas de 426 metros cuadrados, apicultura con un área de 304 metros cuadrados, un lago en una superficie de 355 metros cuadrados y área de residencia de 3,757 metros cuadrados.

1.3. **JUSTIFICACIÓN** El cambio climático es una realidad indiscutible. Varios indicadores muestran que se trata de un fenómeno activo; entre ellos, el aumento de la temperatura promedio mundial de 0.6°C para el período 1860-2000 y la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos. La amenaza del cambio climático global ha causado preocupación, sobre todo para los países con fuerte vocación agrícola y pecuaria, ya que los factores climáticos indispensables para el crecimiento de los cultivos, como lo son la precipitación y la temperatura, se verán severamente afectados e impactarán sobre la producción agrícola. Las consecuencias de esta variación pueden ser catastróficas, especialmente para los ecosistemas que no tendrán el tiempo necesario para adaptarse a la velocidad del cambio climático (ANAM, 2007).

Una de las aristas del cambio climático es la mayor incidencia de eventos climáticos extremos incluyendo a el niño (ENOS), el cual ha ocasionado diferentes afectaciones en el país, como la reducción en los niveles de los lagos artificiales que alimentan el sistema de Canal de Panamá, restringiendo el paso de navíos debido al poco caudal del sistema de la cuenca, y las sequías tienden a exacerbarse o a ser más frecuente, durante la ocurrencia de esos períodos. El evento de sequía ocurrió en julio de 2012 y 2014, en tres distritos de la provincia de Los Santos, donde los cultivos y pastos fueron seriamente dañados.

Ante la amenaza eminente es necesario la utilización de sistemas que nos permitan mitigar estos efectos que vienen con el cambio climático, para el sector agropecuario.

Los sistemas agroforestales, silvopastoriles o agro-silvo-pastoriles, constituyen una alternativa, pues se les atribuye a la cobertura de los árboles la protección de los cultivos y animales (le permiten refugiarse del exceso de calor o lluvia) contra fluctuaciones extremas en microclima y humedad del suelo, además de otros beneficios como la mayor producción

de biomasa forrajera, ciclaje de nutrientes, disminución de los requerimientos de fertilizantes para las gramíneas, (Murgueitio & Ibrahim, 2001), pueden brindar hábitats para la fauna local, además de madera y frutos para diferentes usos. Estas características pueden ser medidas y determinar cuanta ventaja tienen dichos sistemas diversificados sobre los modelos tradicionales basados en los monocultivos de pastos. Esto propiciará como una herramienta que justifique a los productores el por qué es necesaria la reconversión ganadera a sistemas que integren más de dos componentes como el caso de pasto-ganado.



## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar las propiedades edafo-climáticas de un sistema agro-silvo-pastoril que pueden contribuir a disminuir la temperatura, aumentar el almacenamiento de agua y así, poder enfrentar los impactos del cambio climático.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar una caracterización biofísica de la finca El Roblecito.
- Medir la temperatura ambiente, el suelo y la humedad relativa de las diferentes asociaciones agro-silvo-pasotriles existentes en la finca versus sistemas tradicionales.
- Evaluación del suelo: color, densidad aparente, humedad a capacidad de campo, fertilidad general, infiltración, pH, punto de marchitez permanente y materia orgánica.
- Caracterización del componente arbóreo: Diámetro a altura del pecho “DAP” y altura de los árboles encontrados en la finca.
- Evaluación de la velocidad de infiltración de los suelos en la finca con sistema agro-silvo-pastoril y convencional.

**1.5. HIPÓTESIS** Los sistemas agro-silvo-pastoriles mantienen características edafoclimáticas que los hacen menos vulnerables a los impactos del cambio climático, que una finca con un sistema productivo convencional. “Resiliencia”.

## **1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

### 1.6.1. Alcances

El proyecto tiene diversos alcances que se dividen en distintos niveles:

Educación: con los indicadores ya evaluados (temperatura de aire y suelo, humedad relativa, caracterización del componente arbóreo, velocidad de infiltración y análisis de suelo) y comprobados, esta información podrá ser utilizada en escuelas e institutos de educación para que los estudiantes puedan conocer alternativas de producción adaptables o resilientes ante el cambio climático.

Transferencia de conocimientos : los beneficiarios directos de este proyecto son los productores, dueños de finca de la región e instituciones interesadas (Ministerio de Ambiente, Ministerio de Desarrollo Agropecuario entre otros) en que los agricultores puedan adquirir capacidades sobre métodos de producción más sostenibles, pues se comprobó que las fincas con modelos ecológicos, agroforestales, silvopastoriles o ambos (agro-silvo-pastoril) son capaces de soportar choques extremos producidos por el cambio climático y seguir produciendo; esta información se podrá transmitir y podrá ser adoptada a otros agricultores que estén presentando dificultades durante la temporada seca y peor aún, pérdidas cuando se presenta el fenómeno del niño.

### 1.6.2. Limitaciones

Es un tema poco estudiado en Panamá y a nivel internacional aún no existe marco conceptual y metodológico bien definido para poder descifrar los principios que explican la resiliencia de los sistemas diversificados.

Pocas fincas en la provincia de Darién y el país que presentan un sistema de producción agro-silvo-pastoril, en el caso de la finca El Roblecito, ubicada en la comunidad de

Sansoncito y llegar hasta dicho lugar tomaba una hora y media aproximadamente y un gasto en pasajes de autobuses significativo de siete dólares por día de visita a la finca.

Poca colaboración por parte de los dueños de finca de sistemas ganaderos convencionales los cuales se negaban a permitir que se realizara en sus predios las mediciones de temperatura ambiente, suelo, humedad relativa y velocidad de infiltración; al mencionarles que se trataba de un estudio comparativo entre los sistemas agro-silvo-pastoriles y métodos de producción tradicional.

## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1. Cambio climático**

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio climático (UNFCCC), lo define como al cambio del clima que es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, la cual altera la composición de la atmósfera global que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Para la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) el cambio climático es una parte normal de la variabilidad natural de la tierra, la cual está relacionada con las interacciones entre la atmósfera, océano, y tierra, como también los cambios en el total de radiación solar que alcanza la tierra.

El cambio climático responde al aumento de gases efecto invernadero (GEI) especialmente al CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

El cuarto reporte del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), concluye que: “el incremento observado en la temperatura media global desde mediados del siglo XX se debe más al incremento observado en las concentraciones de gases efecto invernadero de tipo antropogénico (Fernández, 2013).

La comunidad científica, a través de observaciones históricas, ha evidenciado el cambio climático en el decrecimiento de la cobertura de nieve, el incremento del nivel del mar, las variaciones regionales de los patrones de precipitación (Ver figura 1) y los cambios en extremos de tiempo y clima (Fernández, 2013)

Aunque los efectos del cambio climático sobre los rendimientos agrícolas variaran de región a región, los efectos más dramáticos se esperan en países en vías de desarrollo con climas desde áridos a húmedos (Easterling et al., 2007).

La agricultura en América Latina y demás regiones a nivel global ya se está viendo afectada por los impactos de cambio climático.

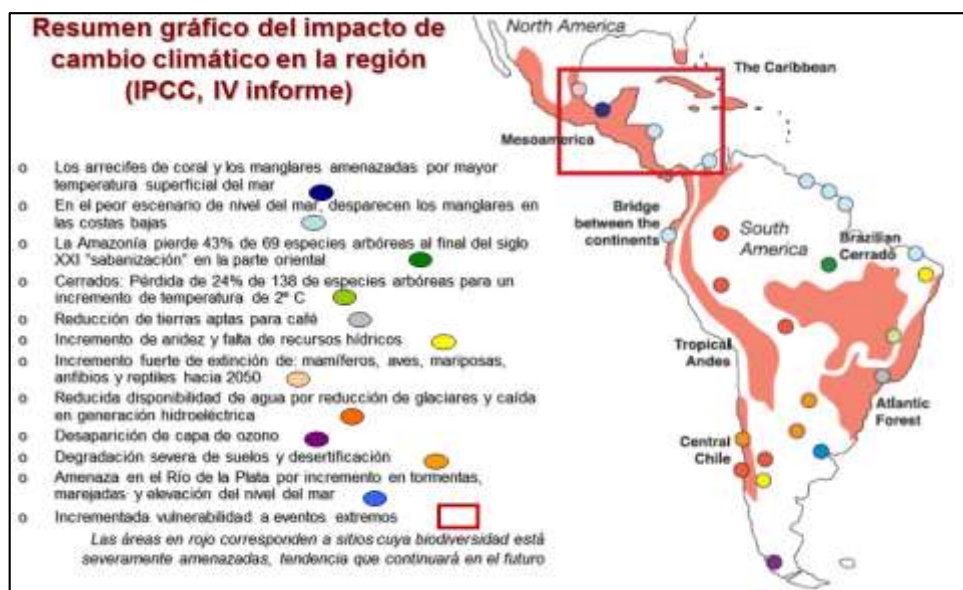


Figura 1: Resumen gráfico del impacto del cambio climático en Latinoamérica de acuerdo al cuarto informe de evaluación del IPCC presentado para el taller de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en las subregiones y amazónica.

Fuente: IPCC 2007.

El aumento de la temperatura, las concentraciones de dióxido de carbono y los cambios en patrones y volúmenes de precipitación a futuro impactarán sobre la seguridad alimentaria y la producción agrícola.

Según el IPCC (2007), el 18 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial se corresponden con el cambio de uso de la tierra (principalmente debido a la deforestación y a las nuevas roturaciones de tierras), mientras que las emisiones directas del sector agrario representan el 14 por ciento de los GEI. En total tenemos que

más del 30 por ciento de las emisiones GEI globales son atribuibles de manera muy directa al modelo agrícola convencional, siendo este el sector que más contribuye al cambio climático.

Por otra parte, la pérdida de biodiversidad provocada por la agricultura tradicional supone que la capacidad de adaptación de la agronomía a las múltiples alteraciones que ya está produciendo el cambio climático, es cada vez más limitada.

Los sistemas agro-forestales y silvopastoriles son una propuesta sostenible de gestión de los recursos naturales, con la capacidad de responder a la variabilidad y cambio ambiental. Lo clave es entender que cuando ocurre un cambio ambiental, las redundancias del sistema son las que permiten un funcionamiento continuo del mismo. De aquí la importancia de las estrategias de diversificación en agro ecosistemas. La diversidad se traduce en heterogeneidad ecológica lo que incrementa las opciones.

Mucho se ha escrito sobre la importancia de la diversificación de agro ecosistemas para reducir la incidencia de plagas y patógenos (Altieri y Nicholls, 2004) y para proteger cultivos de la variabilidad climática. Un gran número de estudios que analizan el comportamiento de la agricultura después de fuertes eventos climáticos, han puesto de manifiesto que la resistencia a los desastres climáticos está estrechamente relacionada con la biodiversidad presente en los sistemas productivos (Holt-Gimenez, 2002, Philpott et al., 2009, Rosset et al., 2011).

## **2.2. Sistemas agroforestales**

La agroforestería es un sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que procura aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos) con cultivos de campo

o arables y/o animales de manera simultánea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local (Consejo Internacional para la Investigación en la Agroforestería 1982).

El objetivo de la mayoría de los sistemas agroforestales es optimizar los efectos benéficos de las interacciones de los componentes boscosos, con el componente animal o cultivo para obtener un patrón productivo que se compara con lo que generalmente se obtiene de los mismos recursos disponibles en el monocultivo, dadas las condiciones económicas, ecológicas, y sociales predominantes (Farrell y Altieri, n.d.).

### **2.3. Características de la agroforestería**

La agroforestería incorpora cuatro características:

- **Estructura:** A diferencia de la agricultura y la actividad forestal moderna, la agroforestería combina árboles, cultivos y animales. En el pasado, los agricultores rara vez consideraban útiles a los árboles en el terreno para el cultivo, mientras que los forestales han tomado los bosques simplemente como reservas para el crecimiento de árboles. Aun así, durante siglos los agricultores tradicionales han proporcionado sus necesidades básicas al sembrar cultivos alimenticios, árboles y animales en forma conjunta.
- **Sustentabilidad:** La agroforestería optimiza los efectos beneficiosos de las interacciones entre las especies boscosas y los cultivos o animales. Al utilizar los ecosistemas naturales como modelos y al aplicar sus características ecológicas al sistema agrícola, se espera que la productividad a largo plazo pueda mantenerse sin degradar el suelo.
- **Incremento en la productividad:** Al mejorar las relaciones complementarias entre los componentes del predio, con condiciones mejoradas de crecimiento y un uso eficaz de



los recursos naturales (espacio, suelo, agua, luz), se espera que la producción sea mayor en los sistemas agroforestales, que en los sistemas convencionales.

## **2.4. Clasificación de los sistemas agroforestales**

En cuanto a la estructura, los sistemas agroforestales pueden agruparse de la siguiente manera:

- Agro silvicultura: el uso de la tierra para la producción secuencial o concurrente de cultivos agrícolas y árboles.
- Sistemas silvopastoriles: sistemas de manejo del suelo en los que los bosques se manejan para la producción de madera y forraje, como también para la crianza de animales domésticos.
- Sistemas agro-silvo-pastoriles: sistemas en los que la tierra se maneja para la producción concurrente de cultivos forestales y agrícolas y para la crianza de animales domésticos.

## **2.5. Ventajas de los sistemas agroforestales**

### **2.5.1. Ventajas Ambientales**

- Se hace un uso más eficiente de los recursos naturales. Las diversas capas de vegetación proporcionan una eficiente utilización de la radiación solar, los diferentes tipos de sistemas de raíces, a distintas profundidades, hacen buen uso del suelo y las plantas agrícolas de corta duración, pueden aprovechar de la capa superficial enriquecida, como resultado del ciclaje mineral mediante las copas de los árboles. Además, la integración de animales en el sistema puede aprovecharse para la producción secundaria y el reciclaje de nutrientes.
- La función protectora de los árboles con respecto al suelo, la hidrología y la protección de las plantas puede utilizarse para disminuir los peligros de degradación

ambiental. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, en muchos sistemas agroforestales, los componentes pueden competir por luz, humedad y nutrientes, por lo tanto, se deben considerar los intercambios. El buen manejo puede reducir al mínimo estas interferencias y aumentar las interacciones complementarias.

### **2.5.2. Ventajas socioeconómicas**

- Mediante la eficiencia ecológica se puede aumentar la producción total por unidad de tierra, No obstante, la producción de cualquier producto individual puede ser menor que en los monocultivos.
- Los diferentes componentes o productos de los sistemas podrían ser utilizados como insumos para la producción de otros (por ejemplo, implementos de madera, abono verde), y disminuir así la cantidad de inversiones e insumos comerciales.
- Algunos productos arbóreos se pueden obtener sin necesidad de un manejo muy activo, otorgándoles una función de reserva para los períodos en que fallan los cultivos agrícolas, o para necesidades sociales determinadas (por ejemplo, la construcción de una casa).
- En la producción de varios productos se distribuye el riesgo, en la medida que varios de ellos serán afectados de manera diferente por condiciones desfavorables.

### **2.6. Algunas restricciones de los sistemas agroforestales**

- Una de las principales limitaciones es en relación con el hecho de que los sistemas agroforestales son específicos del ecosistema y, en ciertos suelos de baja calidad la elección de las especies vegetales apropiadas puede resultar limitante, aun cuando muchos árboles tienen mayor capacidad para adaptarse a los suelos pobres que los cultivos anuales.

- La competencia entre los árboles y los cultivos de alimentos, y la prioridad que se les debe dar para satisfacer necesidades básicas, puede excluir del cultivo arbóreo a los agricultores de bajos recursos, que cuentan con muy poca tierra, para cultivar árboles (Farrell y Altieri, n.d.).

## 2.7. Papel de los árboles

A causa de sus hábitos de crecimiento y su forma, los árboles influyen a otros componentes del sistema agrícola (Ver figura 2). Sus grandes doseles afectan la radiación solar, precipitaciones y movimiento del aire, lo mismo que su extenso sistema de raíces ocupa grandes volúmenes de suelo. La absorción de agua y nutrientes y la redistribución de los nutrientes como el humus, al igual que el movimiento irruptivo de las raíces y las posibles asociaciones bacteriales/ fungales, también pueden alterar el ambiente de crecimiento. Los árboles pueden mejorar la productividad de un agro ecosistema, al influir en las

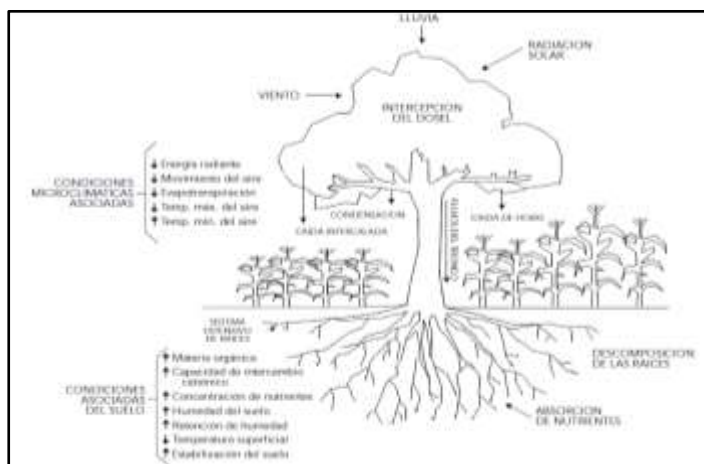


Figura 2: Influencia de los árboles cuando se les incluye en las producciones agrícolas.

Fuente: Farrell 1984.

características del suelo, del microclima, de la hidrología y de otros componentes biológicos asociados.

2.7.1. *Características del suelo:* Los árboles pueden afectar el nivel de nutrientes del suelo al explotar las reservas minerales más profundas y recuperar los lixiviados y depositarlos sobre la superficie como humus. Esta materia orgánica aumenta el contenido de humus del suelo, el cual a su vez aumenta su capacidad de intercambio de cationes y disminuye las pérdidas de nutrientes. La materia orgánica adicionada modera las reacciones del suelo extremas (pH) y la consecuente disponibilidad de nutrientes esenciales y elementos tóxicos. Puesto que el nitrógeno, fósforo y azufre se tienen fundamentalmente en forma orgánica, la abundancia de materia orgánica es especialmente importante para aprovecharlos. La asociación de árboles con bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas también incrementará los niveles de nutrientes disponibles. La actividad de microorganismos tiende a aumentar debajo de los árboles, debido a que la materia orgánica es incrementada (un abastecimiento de alimentos mejorado) y al ambiente de crecimiento (temperatura y humedad del suelo).

Los árboles pueden aumentar las propiedades físicas del suelo, siendo su estructura la más importante. La estructura mejora como resultado del incremento de materia orgánica (hojas y raíces), de la acción disociadora de las raíces de los árboles y la actividad de los microorganismos, todos los cuales ayudan a desarrollar agregados del suelo más estables.

La temperatura se modera por la sombra y la cubierta de la hojarasca.

La función que pueden desempeñar los árboles en la protección del suelo es bien reconocida. Además de reducir la velocidad del viento, el follaje de los árboles disipa el

impacto de las gotas de lluvia que golpean la superficie del suelo. La capa de hojarasca que cubre el suelo y su estructura mejorada también pueden ayudar a reducir la erosión de la superficie. Los sistemas de raíces penetrantes de los árboles realizan una función importante en la estabilización del suelo, especialmente en laderas escarpadas.

2.7.2. **Microclima:** Los árboles moderan los cambios de temperatura, dando como resultado temperaturas máximas más bajas y mínimas más altas bajo los árboles, en comparación con las áreas abiertas. La disminución de temperatura y la reducción de los movimientos del aire debido al dosel de los árboles reduce el promedio de evaporación. También se puede encontrar mayor humedad relativa bajo los árboles en comparación con los sitios abiertos.

2.7.3. **Hidrología:** El equilibrio del agua de un micro sitio dado, predio o región está influido por las características funcionales y estructurales de los árboles. En distintos grados, dependiendo de la densidad del follaje, y las características de las hojas, la precipitación pasa a través de ellas hasta el suelo, se intercepta y se evapora o se redistribuye a la base del tronco por el propio flujo. La humedad del aire también puede ser recogida por el follaje de los árboles y se deposita como precipitación interna (niebla de goteo), una significativa fuente potencial de agua en áreas de neblinas húmedas. Como resultado de una mejorada estructura del suelo y la presencia de una capa de hojarasca, el agua que llega al suelo se utiliza más eficientemente debido al incremento de la filtración y permeabilidad, reduciendo la evaporación y el escurrimiento superficial. En gran escala, particularmente en áreas propensas a las inundaciones, los árboles pueden reducir las descargas de aguas subterráneas, existiendo la evidencia de que las características

hidrológicas de las áreas de captación son influidas, favorablemente, por la presencia de árboles.

**2.7.4. Componentes biológicos asociados:** Todas las plantas, los insectos y los organismos del suelo pueden resultar beneficiados por la presencia de árboles compatibles. Aunque los mecanismos específicos son poco entendidos, por lo general, involucran un microclima más benigno; temperatura de suelo favorable, régimen de humedad y estado de materia orgánica; una mayor disponibilidad de nutrientes, así como su eficiente utilización y reciclaje. El mejoramiento en el estado de la materia orgánica del suelo puede dar como resultado una mayor actividad de los microorganismos favorables en la zona de raíces.

**2.7.5. Función productiva:** Los árboles producen gran cantidad de productos importantes para los humanos y los animales. Además del forraje y alimentos proporcionan productos madereros, subproductos como aceites, taninos y productos médicos.

**3. MATERIALES Y MÉTODOS** La tesis consistió en la medición diferentes indicadores que son afectados por los impactos del cambio climático, antecedida por una caracterización biofísica. Se escogió para ello, dos fincas. Una con sistemas de producción diversificados (sistemas agroforestales, silvopastoriles o agro-silvo-pastoriles) y la otra con metodología de producción convencional.

La investigación se realizó en la finca El Roblecito, ubicada en la comunidad de Sansoncito, Corregimiento de Metetí, Distrito de Pinogana, Provincia de Darién. Sus coordenadas UTM: Norte entre la coordenada 932388.856 y 932042.338 – Este entre la coordenada 181639.600 y 181428.506. El área es parte de la microcuenca del río Sansoncito que es afluente del Río Chucunaque, número 154 de las cuencas oficiales de Panamá. La finca El Roblecito cuenta con un sistema de producción agro-silvo-pastoril; con una superficie de 4.92 hectáreas, donde se integra el componente arbóreo, pastos, cultivos agrícolas y ganado bovino y caprino.

Para los datos de ganadería extensiva tradicional se utilizó la finca Tres Hermanas que mantiene un modelo de producción convencional, destinado a la cría de ganado bovino únicamente; con una superficie de 5.6 hectáreas. Se ubica en la comunidad de Quebrada Jabón, Coordenadas UTM: 0806678 y 969630.

### **3.1. Materiales y Equipo**

- ✓ Garmin GPS map 76CSX
- ✓ Cinta diamétrica (Ver figura 3)
- ✓ Cinta topográfica
- ✓ Clinómetro digital Nikon Foresty Pro (Ver figura 3)
- ✓ Barrena para suelo

- ✓ Pala
- ✓ Nivel de mano Abney
- ✓ Software: ArcGis, Excel, TrackMaker, AutoCad, Global maper
- ✓ Cilindros de infiltración
- ✓ Ventilador recargable
- ✓ Cilindros de PVC
- ✓ Piezas de madera
- ✓ Plástico transparente
- ✓ Mazo
- ✓ Semillas de girasol
- ✓ Bolsas de polietileno
- ✓ Termómetros de mercurio para aire y suelo,
- ✓ Cámara
- ✓ Cronómetro
- ✓ Equipo de laboratorio: potenciómetros, hidrómetro, balanzas analíticas.



Figura 3 A: Nivel de mano Abney. B: Clinómetro digital y Cinta diamétrica. C: Ventilador de batería. Fuente: K. Rodríguez, 2018.



## **3.2. Métodos**

Inicialmente se realizó una revisión generalizada del área en el Atlas Ambiental de la República de Panamá; que contextualizará las condiciones biofísicas generales (la precipitación, zona de vida, geología y capacidad agroecológica de los suelos) en el área de estudio, las cuales han influido en la formación del espacio geográfico y en el desarrollo de actividades humanas.

### **3.2.1. Caracterización biofísica**

La caracterización biofísica del área se realizó a través de múltiples recorridos de campo con el fin de coleccionar la información necesaria de cada componente de la finca agro-silvo-pastoril y de ganadería convencional.

### **3.2.2. Inventario forestal**

Con el objetivo de conocer la diversidad de árboles en cada finca, se realizó un inventario de todos los especímenes con circunferencia mayor a 10 centímetros. A cada árbol, a través de medición directa, se le registró su nombre común, científico y sus coordenadas con un GPS. Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), se estableció la altura con un clinómetro digital (Nikon Foresty pro)

El diámetro a la altura del pecho, estandarizado a 1.30 metros, se midió con una cinta diamétrica la cual tiene una escala que permite tomar la lectura directamente del diámetro; rodeando la cinta en la circunferencia del árbol y cuidando que estuviera perpendicularmente en el fuste.

En la toma de diámetros de la finca el Roblecito se encontraron casos particulares y se siguió la metodología propuesta en el apéndice cinco del “programa de evaluación de los recursos forestales” de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), tales como:

- ✓ Árbol en terrenos inclinados: para este caso el diámetro a la altura del pecho se tomó desde el lado superior del tronco.
- ✓ Árbol bifurcado por debajo de 1.30 metros: se midieron los troncos por separado si tenían el diámetro requerido ( $\geq 10$  centímetros).
- ✓ Árbol bifurcado a 1.30 metros: se tomó el diámetro justamente por debajo de la horquilla.
- ✓ Árbol inclinado: se midió el árbol a la distancia de 1.30 metros en donde la base y el suelo forman un ángulo.

La evaluación de la altura de los árboles se realizó con un clinómetro digital (Nikon Foresty pro). Para tomar una medida con el mismo se debe colocar en el modo adecuado (botón MODE) y presionar el botón POWER tres veces, la primera vez a la altura del ojo, la segunda, a la base del árbol y, la tercera, donde termina la copa. (Ver figura 4)



Figura 4: Utilización del clinómetro digital para la medición de la altura de los árboles.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

Para obtener las coordenadas de cada sitio, se utilizó un GPS (sistema de posicionamiento global) marca Garmin map 76 CSX. Se procedió a geo referenciar cada árbol con circunferencia mayor de 10 centímetros mediante el sistema de coordenadas geográficas UTM (universal transverse mercator), con el fin de generar un mapa que nos permita observar la distribución y cantidad de los mismos en el predio.

### 3.2.2.1 Cubicación de madera en pie

Los árboles fueron cubicados con el objetivo de conocer el volumen potencial maderero que ofrece la finca. Se utilizó la fórmula de cubicación de árboles en pie establecida en la Resolución AG-0770-2004 de 24 de diciembre de 2004. “Que reglamenta la cubicación de madera y fija el margen de tolerancia para los volúmenes de tala que se autoricen mediante permisos, concesiones, u otras autorizaciones de aprovechamiento forestal”. (G.O. 25,222 de 21 de enero de 2005). Artículo 2.

Fórmula de cubicación de madera en pie:

$$Volumen = \left(\frac{\pi}{4}\right) (D^2) (hc) (fm) = m^3$$

Donde:

$\pi$ = 3.1416      **D**= Diámetro en metros      **hc**= Altura comercial      **fm**= Factor

Mórfico

El factor mórfico (*fc*) varía según la calidad estimada del fuste (Ver cuadro 1).

CUADRO I VALORES DE FACTOR MÓRFICO UTILIZADOS EN LA FÓRMULA DE CUBICACIÓN DE MADERA EN PIE DE SMALLIAN.

Calidad	Descripción	Factor Mórico
<b>A- Alta</b>	Árbol con tronco recto a ligeramente recto, uniforme y semicilíndrico.	0.70
<b>B- Media</b>	Árboles con tronco medianamente curvo, medianamente irregular, medianamente torcido o con forma medianamente cónica.	0.60
<b>C- Baja</b>	Árboles con tronco cónico, torcido o cuyo tronco presenta fases muy onduladas o irregulares.	0.45

Fuente: Resolución AG-0770-2004 de 24 de diciembre de 2004, Artículo 3.

### 3.2.3. Temperatura del aire

La temperatura del aire se determinó en un punto representativo del sitio a evaluar con flujo de aire libre, utilizando un termómetro de mercurio graduado en grados Celsius (Ver figura 5). Las mediciones se realizaron dos veces por mes en el sistema agroforestal, silvopastoril, sistema ganadero convencional y un bosque secundario que cuenta con 30 años de descanso que colinda al este con la finca El Roblecito.

En cada medición se anotaba la hora exacta y día en que se llevó a cabo.

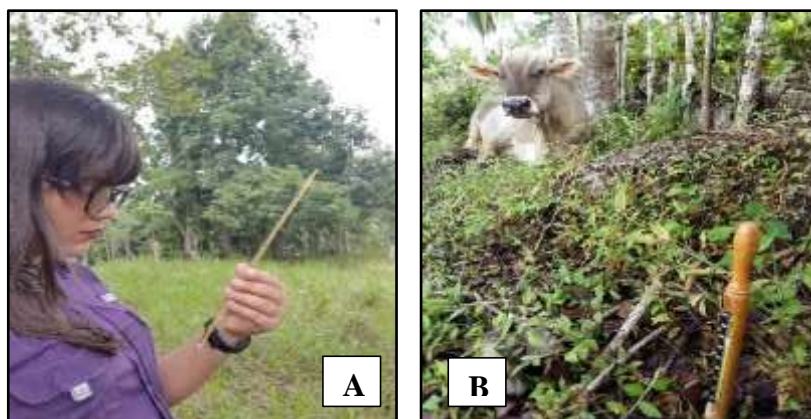


Figura 5 A, Medición de la temperatura del aire y B, del suelo con el termómetro de mercurio.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

Las temperaturas del aire se tomaron a una altura de 1.30 metros del nivel del suelo, se mantenía el termómetro suspendido y se esperaban cuatro minutos hasta obtener la lectura

La hora escogida fue la misma para todas las lecturas entre las 10:00 y 1:00 pm, en su gran mayoría, pero en algunos casos, en la mañana (8:00 am) y tarde (3:00 pm) para cuantificar el aumento o disminución de temperatura a dichas horas.

#### **3.2.4. Temperatura de suelo**

Con un termómetro de suelo de punta de bronce, graduado en grados Fahrenheit se hicieron las lecturas de temperatura del suelo.

Esto consistió en enterrar la punta del termómetro en el suelo, esperar de dos a tres minutos, hasta que la lectura en grados Fahrenheit (°F) se estabilizara, (Ver Figura 5) para posteriormente, transformarlos en Celsius (°C), utilizando la siguiente fórmula:

$$^{\circ}C = (^{\circ}F - 32) \times \frac{5}{9} .$$

Las lecturas se hicieron dos veces por mes en entre las 10:00 pm y 1:00 de la tarde en su gran mayoría, pero con las mismas variantes mencionadas en las lecturas de temperaturas de aire. La temperatura de suelo, al igual que la del aire, se realizó para el sistema agroforestal, silvopastoril, sistema ganadero convencional y bosque secundario con 30 años de descanso como testigo, para cada lectura se anotaba el día y la hora exacta.

### 3.2.5. Humedad relativa

La humedad relativa del aire se midió utilizando el método del higrómetro que utiliza la diferencia en temperatura entre el termómetro normal seco y el termómetro húmedo, con la curva o tabla psicométrica. Para obtener la temperatura del termómetro de bulbo húmedo, se utiliza una muselina húmeda la cual se humedece y coloca un ventilador portátil hasta que la temperatura del termómetro se estabilice (Ver figura 6). El principio que hace que el higrómetro trabaje es que el agua se evapora de la superficie mojada, enfriando el termómetro hasta que llega a equilibrio con la humedad atmosférica.



Figura 6: Utilización del ventilador para evaporar termómetro húmedo.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

La tabla psicométrica específica que porcentaje de humedad relativa se encontraba en el aire con los grados de diferencia de temperatura obtenidos del termómetro húmedo y seco (Ver figura 7).

Se realizaron lecturas en el sistema silvopastoril, agroforestal, convencional y bosque secundario, dos veces por mes en los mismos días y horas que las mediciones de temperatura de aire y suelo.

Tabla psicrométrica										
Temperatura de un termómetro seco	Diferencia de temperatura entre los termómetros seco y húmedo (en °C)									
	(El valor de la lectura medida especifica la humedad relativa en %)									
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	82	64	47	31	14				
1	100	83	66	60	34	18				
2	100	84	68	52	37	22				
3	100	84	69	54	40	25	12			
4	100	85	70	56	42	28	18			
5	100	86	72	58	45	32	19	7		
6	100	86	73	60	47	35	23	11		
7	100	87	75	61	49	37	26	14		
8	100	87	75	62	51	40	29	18	7	
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	
10	100	88	77	65	55	44	34	24	14	5
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17
15	100	90	80	71	61	53	44	36	27	20
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22
17	100	90	81	72	63	56	47	39	32	24
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	100	91	82	74	65	58	50	43	36	29
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	31
21	100	91	83	75	67	60	52	45	39	32
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34
23	100	92	84	76	69	62	55	48	42	36
24	100	92	84	77	70	62	56	49	43	37
25	100	92	85	77	70	63	57	51	44	39
26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40
27	100	93	85	78	71	65	59	53	47	41
28	100	93	86	79	72	65	59	53	48	42
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44

Figura 7: Tabla psicrométrica utilizada para determinar la humedad relativa en porcentajes utilizando la diferencia de grados entre el bulbo seco y húmedo. Fuente: ASAE 1986

### 3.2.6. Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración mide la velocidad con la cual el suelo infiltra precipitación o la irrigación y es medida en centímetros por hora. Se utilizó la metodología de doble anillo infiltrómetro (Bouwer, H., 1961), la cual consiste en dos cilindros de metal concéntricos

que son enterrados parcialmente sobre el suelo, con el propósito de reducir el flujo lateral en el cilindro interno. La cantidad de agua infiltrada se asume sea una indicación del flujo vertical. Para iniciar la prueba se escogieron dos puntos para medir la velocidad de infiltración, que estuvieran próximos a las fuentes de agua, una en el sistema agro-silvo-pastoril y segunda, en el sistema ganadero convencional.



Figura 8: Vista de los cilindros infiltrómetros, grande y pequeño, para realizar la prueba de velocidad de infiltración.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

Se colocaron los cilindros en el suelo, enterrando, primero, el cilindro más grande (24.3 centímetros de diámetro) (Ver figura 8), con las piezas de madera sobre el cilindro y, el martillo, se golpeaba uniformemente para que entrara en el suelo de la misma manera. Luego, de manera centrada, se colocó el cilindro más pequeño (7.5 centímetro de diámetro), golpeando uniformemente con el mazo sobre la pieza de madera.



Se sacó cualquier tipo de material vegetativo (hojas secas, ramas, hierva) que quedara dentro del cilindro pequeño sin alterar las condiciones originales del suelo y para que esto no influenciara en el volumen de agua.

Posteriormente se colocó un plástico transparente en el cilindro pequeño, para poder aplicar la lámina de agua instantánea.

Se colocó agua en los cilindros, de inmediato se quitó el plástico del cilindro pequeño, quedando agua dentro de este, se tomó la medida inicial y se empezó a utilizar el cronómetro, dando lecturas de la cantidad de agua infiltrada en intervalos de un minuto, las cuales eran anotadas en un cuadro con el siguiente formato:

CUADRO II FORMATO PARA LA ANOTACIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO DURANTE LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

$\Delta T$	Tiempo (Minutos)	Lectura (mm)	$\Delta$ Laminal (cm)	Velocidad de Infiltración
	0			
<b>1</b>	1			
<b>2</b>	1			

Fuente: Manual de hidrología aplicada. 2018.

### 3.2.7. Punto de marchitez permanente

Para la determinación del punto de marchitez permanente se utilizaron plantas de girasol (*Helianthus annuus L.*) (Ver figura 9).

Se llenaron seis bolsas de polietileno con una altura de 10 centímetros, diámetro de nueve centímetros y un volumen de 636.17 centímetros cúbicos.

Tres bolsitas se llenaron con suelo de la finca agro-silvo-pastoril y las otras tres, con suelo de una finca con modelo ganadero convencional. Luego, se colocaron tres semillas de

girasol (*Helianthus annuus*) en cada bolsa, a una profundidad de un centímetro. Las bolsas se colocaron en donde recibieran luz solar, se regaron cada día hasta que las plántulas alcanzaran su tercer par de hojas, finalmente, se eliminó la planta más pequeña de las tres contenidas en una bolsa.

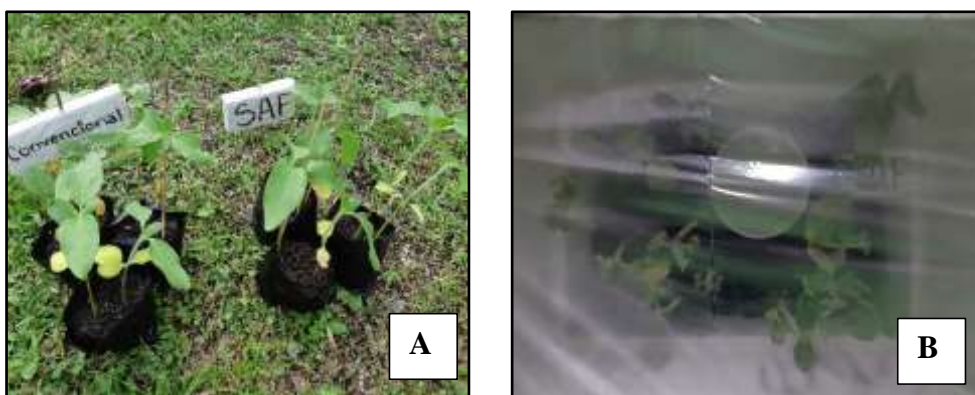


Figura 9 A: Vista de plántulas de girasol hasta desarrollar el tercer par de hojas. B: Plantas de girasol en envase de hielo seco selladas con plástico

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

Al presentarse el tercer par de hojas, se suspendió el riego y, cuando las plantas presentaron algún signo de marchitez, se pasaron a un envase de hielo seco, con una vasija con agua en medio, se selló con un plástico transparente, para lograr la condensación dentro de la caja (Ver figura 9). Esto permite la recuperación de las plantas en caso de no haber alcanzado el punto de marchitez permanente. Las plantas recuperadas en el envase saturado de humedad se sacaron y se expusieron nuevamente al sol, al mostrar nuevamente signos de marchitez, se repite el procedimiento para recuperación por condensación. El proceso se repitió hasta que la planta no recuperara la turgencia, indicando haber alcanzado el punto de marchitez permanente. Posteriormente se colocaron individualmente en bolsas de

plástico, evitando que se evaporara agua del suelo, para llevarlas al laboratorio para determinar el contenido de humedad. Este proceso tardó 21 días. (Ver cuadro III)

CUADRO III TIEMPO DEL GIRASOL PARA ALCANZAR EL PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE.

Día	Riego	Siembra	Aparición del tercer par de hojas	Suspensión del riego	Marchitez parcial	Recuperación por condensación	PMP
1	x	x					
2	x						
3	x						
4	x						
5	x						
6	x						
7	x						
8	x						
9	x						
10	x						
11	x						
12	x						
13	x						
14	x						
15	x						
16	x		x				
17				x			
18				x			
19				x	x	x	
20					x	x	
21							x

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

### 3.2.8. Capacidad de campo

Se tomó una muestra inalterada representativa de los suelos de cada cobertura, utilizando cilindros de PVC afilados para penetrar el suelo sin disturbarlo. Una muestra en el sistema agroforestal y otra, en el sistema ganadero convencional. En el laboratorio, se saturaron las muestras con agua destilada, luego se dejaron suspendidas hasta que el agua libre drenara completamente (Ver figura 10). Posteriormente, se sacó una sub muestra de 75.58 gramos del suelo del sistema ganadero convencional y otra, de 77.38 gramos, del sistema agroforestal, de la parte inferior de los cilindros.

Con la ayuda de la balanza se pesaron las latitas de aluminio y la masa del suelo húmedo de ambas muestras y, se colocaron en el horno para ser secadas a 105°C y, por último, se pesaron nuevamente las dos muestras.



Figura10: Muestras de suelo saturadas y suspendidas drenando el agua.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

### 3.2.9. Densidad Aparente

Para conocer la densidad aparente de los suelos se tomaron muestras de cilindros de suelo no alterados, (Blake, y Hartge K, 1985). En la finca agro-silvo-pastoril El Roblecito y la finca con ganadería tradicional, se utilizaron cilindros de PVC de 7.54 centímetros de diámetro para tomar las muestras y se les calculó el volumen.

En el laboratorio, se secaron al horno las muestras de suelo para determinar el contenido de peso seco a 105-110° Celsius. Finalmente, conociendo el volumen del cilindro y la masa del suelo seco se calculó, la densidad aparente.

### **3.2.10. Granulometría**

Para determinar la distribución de las partículas sólidas del suelo se utilizó en método del hidrómetro de Bouyoucos (1936) es una de las formas más rápidas para analizar el tamaño de las partículas del suelo. El método del hidrómetro implica dispersar las partículas de suelo con una sustancia tal como meta fosfato de sodio y después agitar la solución. La cantidad de arena, limo y arcilla en la muestra de suelo está determinada, después de la dispersión, por un hidrómetro, que mide las partículas en suspensión. El porcentaje de cada partícula es obtenido utilizando la ley de Stokes, que permite establecer la cantidad de cada tipo de partícula presente por la velocidad a la que cada tipo de ellas cae fuera de suspensión, en base a su tamaño.

### **3.2.11. Materia orgánica**

En la determinación de materia orgánica del suelo se empleó la metodología de Walkley y Black (1934), el cual estima el contenido de carbono orgánico total de una muestra de suelo. El procedimiento para llevar a cabo esta determinación es el siguiente:

- Se procedió a pesar la muestra de suelo tamizado.

- Se añadieron 20ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), se agitó para que las partículas de suelo no se adhirieran a las paredes del matraz.
- Se dejó reposar la mezcla por 30 minutos.
- Se agregó 200 ml de agua destilada.
- Añadir 10 ml de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), 20 gotas de indicador.
- Se tituló con solución ferrosa hasta obtener un punto final verde brillante.

### **3.2.12. Propiedades químicas de los suelos**

#### **3.2.12.1. pH (potencial de hidrógeno)**

La determinación de pH del suelo se realizó mediante un potenciómetro o medidor de pH, es un instrumento que mide la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas, ya sea, agua destilada, cloruro de calcio ( $CaCl_2$ ) o cloruro de potasio (KCl), indicando su grado de acidez o alcalinidad expresada como pH. Este se compone de un amplificador electrónico de dos electrodos. Para obtener los valores de pH, se rotularon los vasitos, utilizando de solución acuosa agua destilada, se revolvió periódicamente la suspensión durante 30 minutos y luego se sumergieron los electrodos del potenciómetro en la suspensión homogenizada y se obtuvo el resultado convertido en el valor de pH.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización Biofísica

- **Finca Agro-silvo-pastoril**

La finca El Roblecito puede clasificarse como una explotación sostenible, con un sistema agro-silvo-pastoril, que es una combinación entre los componentes silvo-agrícola y silvo-pastoril, el cual fue implementado por el productor en aras de un mejor uso y aprovechamiento de la superficie disponible y de los recursos naturales. Dicha finca cuenta con una alta diversidad de árboles y arbustos, producto de la regeneración natural y reforestación, los cuales son utilizados como forraje y sombra para el ganado en el componente, silvopastoril (Ver Figura 11). En el agroforestal destaca la producción de frutos y madera en conjunto con cultivos de autoconsumo.



Figura 11: Manga de pastoreo que incluye árboles que además de sombra, brindan forraje al ganado. Fuente: K. Rodríguez, 2018.

- **Finca con sistema ganadero convencional**

Esta finca se ha dedicado a la cría de ganado bovino únicamente, pero se ha desarrollado de manera convencional, donde inicialmente se extrajo la madera de importancia comercial, se taló toda la vegetación y luego, se quemó, para el establecimiento de pasturas mejoradas para el consumo directo por el ganado. Con muy baja diversidad de especies arbóreas y las existentes son producto de la regeneración natural, las cuales se han conservado por un interés en particular, un caso de ellos es la palma guagara (*Cryosophila guagara*) que se emplea para la construcción de techos de ranchos (Ver figura 12).



Figura 12: *Cryosophila guagara*, es una de las especies conservadas en la finca ganadero convencional por su utilidad para la construcción de techos de ranchos

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

#### 4.1.1. Ubicación

- **La finca agro-silvo-pastoril**



Ubicada en la comunidad de Sansoncito, bajo la jurisdicción del Corregimiento de Metetí, Distrito de Pinogana, Provincia de Darién, entre las coordenadas UTM, norte entre la coordenada 932388.856 y 932042.338, este entre la coordenada 181639.600 y 181428.506, localizada a unos 12 kilómetros de Metetí, viajando en dirección a Yaviza y ubicada a orillas de la carretera Panamericana. Forma parte de la cuenca número 154 del río Chucunaque, sub-cuenca del río Sansoncito.

- **Sistema ganadero convencional**

Ubicada en la comunidad de Quebrada Jabón, Corregimiento Cabecera, Distrito de Chepigana, Provincia de Darién, con las coordenadas UTM 0806678 y 969630, localizada a unos 4 kilómetros de la carretera panamericana y su acceso es a través de la carretera de Zimba.

La finca forma parte de la cuenca número 152 Río Santa Bárbara y Chucunaque, sub-cuenca río Sabana.

#### 4.1.2. Superficie

- **Finca con sistema agro-silvo-pastoril**

El Roblecito es una finca pequeña de unos 49,169 metros cuadrados, los cuales están distribuidos de la siguiente manera (Ver cuadro IV)

CUADRO IV SUPERFICIE DE CADA SISTEMA DENTRO DE LA FINCA EL ROBLECITO

<b>Superficie total de la finca</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Superficie</b>	
	<b>Metros cuadrados (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Hectáreas (ha)</b>

Corral	233	0.0233
Apiario	304	0.0304
Lago	355	0.0355
Zoo criadero de iguana	426	0.0426
Casa	3,757	0.3757
Agroforestal (cultivos)	5,384	0.5384
Agroforestal (madera-frutales)	12,899	1.2899
Silvopastoril	25,811	2.5811
<b>TOTAL</b>	<b>49,169</b>	<b>4.9169</b>

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018

- **Finca con sistema ganadero convencional**

Esta finca cuenta con 55,970 metros cuadrados. No cuenta con múltiples componentes, ni separación de las pasturas con mangas, toda la superficie es empleada para la cría de 6 reses.

#### 4.1.3. Suelo

- **Finca con Sistema agro-silvo-pastoril**

Suelos vertisoles, con una profundidad de 75 centímetros y una textura arcillosa, presentan una coloración oscura en los primeros 20-30 centímetros y en las capas más profundas, presenta un color amarillo (Ver figura 13), poco ácidos y con un porcentaje de materia orgánica medio de 5.67. Cuenta con un buen drenaje, durante la época seca el suelo se agrieta, es ligeramente pedregoso, solo en algunos puntos de la finca hay roca sedimentaria aflorada. Inundabilidad nula, toxicidad nula y fertilidad alta.

- **Finca con sistema ganadero convencional**

Suelos vertisoles, con una profundidad mayor de 60 centímetros, textura arcillosa, presentan una coloración oscura en los primeros 17 centímetros y en las capas más profundas color amarillo (Ver figura 13). Suelo poco ácido con un porcentaje de materia

orgánica medio de 4.64. Presenta un drenaje lento. Periodo seco fuerte, la pedregosidad, inundabilidad y toxicidad es nula, con una fertilidad media.

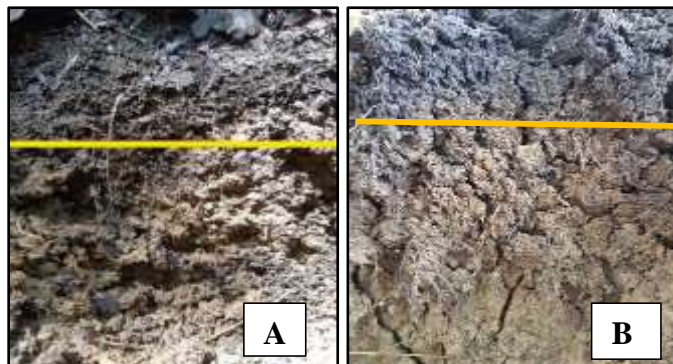


Figura 13: Perfil del suelo, donde se pueden observar que, en los primeros horizontes, presentan una coloración oscura, seguido de una coloración amarilla. A: suelo en el sistema agro-silvo-pastoril. B: suelo en el sistema ganadero convencional. Fuente: K. Rodríguez, 2018.

#### 4.1.4. Topografía

- **Finca con sistema agro-silvo-pastoril**

La topografía cuenta con pendientes entre 10 y 14 por ciento, los suelos con una capacidad agrológica clase cuatro (IV), arable, de zonificación para agricultura, afectados por la erosión principalmente durante la época lluviosa.

- **Finca con sistema ganadero convencional**

El terreno cuenta con pendientes que oscilan entre 8 y 10 por ciento, con capacidad agroecológica clase cuatro (IV), arables, de zonificación para agricultura, pero es empleado para la ganadería, por tanto, no hay conflicto por uso de suelo.

#### 4.1.5. Zona de vida

- **Finca con sistema agro-silvo-pastoril y ganadero convencional**

De acuerdo con la clasificación de zonas de vidas del Dr. R. L. Holdridge, ambas fincas se ubican en la zona de bosque húmedo tropical (B.h. - T); la cual es la zona de vida de mayor incidencia en la provincia de Darién.

#### **4.1.6. Clima**

La estación meteorológica de Metetí (154-018) es la más cercana a ambas fincas en la provincia de Darién, registra una precipitación anual de 1,717 milímetros, temperatura promedio de 27 grados Celsius. Con un promedio anual de humedad relativa de 85.5 por ciento y una evaporación promedio anual de 72 milímetros.

#### **4.1.7. Vegetación**

- **Finca con sistema agro-silvo-pastoril**

La finca actualmente cuenta con 390 árboles con circunferencias superiores a 10 centímetros, que incluyen especies maderables de regeneración natural como lo son el roble (*Tabebuia rosea*), el propietario también ha plantado especies como zorro (*Astronium graveolens*), pino amarillo (*Chloroleucon mangense*), en asociación con especies de árboles frutales y además de los cultivos agrícolas los cuales le brindan múltiples usos (Ver figura 14)

Las parcelas destinadas a la ganadería cuentan con coberturas de pastos como toledo (*Brachiaria brizantha*), alicia (*Cynodon dactylon*), árboles dispersos y además de un sistema de cercas vivas multiestratos que delimitan el predio y las divisiones internas de la finca.



Figura 14: La finca agro-silvo-pastoril tiene una vegetación diversificada que incluye árboles maderables, frutales y cultivos. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

La vegetación existente se clasificó según el potencial uso que se les da en la finca (Ver Cuadro V)

#### CUADRO V VEGETACIÓN EXISTENTE EN LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Especie</b>
<b>Cultivos agrícolas</b>	maíz ( <i>Zea mais</i> ), arroz ( <i>Oryza sativa</i> ), plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ), ñame ( <i>Dioscorea alata</i> ), yuca ( <i>Manihot sculenta</i> ), frijoles ( <i>Vigna sinensis</i> ), caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ), sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> ), sorgo ( <i>Sorghum spp</i> ), jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> ), camote ( <i>Ipomea batatas</i> ), jabas ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> )
	Cedro amargo ( <i>Cedrela odorata</i> ), cedro espino ( <i>Pachira quinata</i> ), laurel ( <i>Cordia alliodora</i> ), pino amarillo ( <i>Chloroleucon mangense</i> ), roble

<b>Maderables</b>	( <i>Tabebuia rosea</i> ), ceiba ( <i>Ceiba pentandra</i> ), coco ( <i>Lecythis turyrana</i> ), espavé ( <i>Anacardium excelsum</i> ), guayacán ( <i>Tabebuia guayacan</i> ), zorro ( <i>Astronium graveolens</i> ), laurel ( <i>Cordia alliodora</i> ), madroño ( <i>Calycophyllum candidissimum</i> ), caoba ( <i>Swietenia macrophylla</i> )
<b>Forrajes</b>	Botón de oro ( <i>Ranunculus acris</i> ), leucaena ( <i>Leucaena leucocephala</i> ), balo ( <i>Gliricidia sepium</i> ), morera ( <i>Morus alba</i> )
<b>Frutales</b>	Aguacate ( <i>Persea americana</i> ), Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ), guanábana ( <i>Annona muricata</i> ), guayaba ( <i>Psidium guajava</i> ), mango ( <i>Mangifera indica</i> ), limón ( <i>Citrus limom</i> ), nance ( <i>Byrsonima crassifolia</i> ), naranja ( <i>Citrus cinensis</i> ), noni ( <i>Morinda citrifolia</i> ), borojó ( <i>Borojoa patinoi</i> ).
<b>Pastos</b>	Toledo ( <i>Brachiaria brizantha</i> ), alicia ( <i>Cynodon dactylon</i> ), ratana ( <i>Ischaemun indicum</i> ), taner ( <i>Urochloa arrecta</i> ), estrella africana ( <i>Cynodon plectostachys</i> )
Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.	

- **Finca con sistema ganadero convencional**

Con un total de 41 especies arbóreas con circunferencias superiores a 10 centímetros, a las que se les clasificó por el uso que le ofrecen al sistema productivo (Ver Cuadro VI). Se encuentran dispersas aleatoriamente en los 55,970 metros cuadrados, e incluye especies como roble (*Tabebuia rosea*), jobo (*Spondias mombim*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y palmas en su gran mayoría. El suelo presenta la cobertura del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachys*). El predio está delimitado por un sistema de cercas vivas simples

de estacas de bala *Gliricidia sepium* (Ver figura 15) y mantiene un pequeño bosque de galería de heliconias.



Figura 15: Cerca viva simple de bala. Fuente: K. Rodríguez, 2018

#### CUADRO VI: TIPO DE VEGETACIÓN EXISTENTE

Tipo de Vegetación	Especie
Maderable	Roble ( <i>Tabebuia rosea</i> )
Forraje	Guácimo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> ), <i>Gliricidia sepium</i> .
Construcción de techos	Palma de corocita ( <i>Elaeis oleifera</i> ), palma guágara ( <i>Cryosophila guagara</i> )
Pasto	Estrella africana ( <i>Cynodon plectostachys</i> )
Otros	Jobo ( <i>Spondias mombin</i> ), siete cueros ( <i>Tibouchina lepidota</i> ).

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

#### 4.1.8. Agua

- **Finca con sistema agro-silvo-pastoril**

La finca no cuenta con cuerpos de agua superficiales naturales permanentes como ríos, pero dentro de la propiedad se da el nacimiento de una pequeña quebrada que solo mantiene agua durante la época lluviosa (Ver figura 16), a la misma no se le da ninguna utilidad por parte del productor en las actividades agrícolas o pecuarias.



Figura 16: Pequeña quebrada que se origina en la finca y solo mantiene agua en el cauce durante la época lluviosa. Lago artificial es utilizado para el regadío de los cultivos e ingesta del ganado. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

El agua para riego de los cultivos y consumo del ganado proviene de un lago artificial que mide 17 metros de diámetro, 8.5 de radio, tres metros de profundidad, con unos 680.94 metros cúbicos de agua (Ver figura 16) Se encuentra ubicado en el punto más alto de la finca (14 por ciento de pendiente), lo cual es aprovechado para distribuir el agua hacia las parcelas de cultivos ubicadas en el sistema agroforestal y para los bebederos del ganado; además, cuenta con tilapias que el productor usa para consumo, en la finca también, hay instalado un sistema de cosecha de agua de dos tanques, uno almacena 1100 litros y el segundo 750 litros de agua utilizada en las labores cotidianas de la familia.

- **Finca con sistema ganadero convencional**



Hay una quebrada que solo mantiene agua durante la época lluviosa, la misma no tiene un bosque de galería de al menos diez metros como lo establece el **artículo 23 de la Legislación forestal de la República de Panamá**, pero mantiene una cobertura, a ambos lados, de plantas de la familia de las heliconias (Ver figura 17). Un pequeño lago artificial brinda agua al ganado a través de bebederos. Dicho lago, mide 10 metros de diámetro, con un radio de cinco metros, una profundidad de dos metros y un volumen de 157.08 metros cúbicos de agua.



Figura 17: Heliconias en las orillas de la fuente de agua de la finca de ganadería convencional. Fuente: K. Rodríguez, 2018.

#### **4.1.9. Componentes de la finca**

- **Finca con sistema agro-silvo-pastoril:** esta finca está integrada por múltiples componentes que se pueden clasificar en:
  - a) Componente agroforestal

El componente agroforestal de la finca el Roblecito cuenta con una superficie de 12,899 metros cuadrados, con una pendiente de dos a once por ciento, muy diverso, integra los beneficios del árbol en la producción agrícola y también de madera. Lo podemos clasificar

en dos secciones: la primera está destinada a cultivos y, la segunda, ocupada principalmente por especies maderables y frutales (Ver figura 18).



Figura 18: Árboles de hasta 15 metros de altura en asocio con rubros como el plátano.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

✓ Área destinada a cultivos

Posee una superficie de 5384 metros cuadrados, con árboles maderables de pino amarillo (*Chloroleucon mangense*) y espavé (*Anacardium excelsum*) en el estrato más alto, en el estrato medio, frutales como aguacate (*Persea americana*) y guanábana (*Annona muricata*), que brindan sombra total al cultivo de café (*Coffea spp*) y sombra parcial a rubros como yuca (*Manihot sculenta*), plátano (*Musa paradisiaca*), ñame (*Dioscorea alata*). En la parte central de esta área se encuentran las parcelas con cultivos que exigen más horas luz, como el ají (*Capsicum, annuum*), (*Solanum lycopersicum*).

✓ Área destinada a la producción de madera y frutos

Con una superficie de 12,899 metros cuadrados, en este sitio de la finca se produce árboles de madera valiosa como cedro espino (*Bombacopsis quinata*) (Ver figura 19) y cedro

amargo (*Cedrela odorata*) principalmente, en conjunto con árboles frutales de aguacate, guaba. La sombra de estos árboles brinda el micro clima adecuado a los arbustos de cacao y borojó (*Borojoa patinoi*), que es una fruta muy emblemática de mucho valor y altamente consumida en la provincia de Darién.



Figura 19: Área de producción de borojó en conjunto con árboles maderables los cuales le brindan la sombra necesaria. Fuente: K. Rodríguez, 2018.

#### b) Apiario

En la finca El Roblecito el dueño también ha establecido un pequeño apiario de unos 304 metros cuadrados. Ubicado en la zona más alejada de la finca para evitar cualquier tipo de ataque.

Cuenta con 11 cajones hechos de madera, techo de láminas de zinc, suspendidos del suelo con una estructura de metal y recipientes con agua en la base, para evitar la invasión de hormigas que son atraídas por la miel; estos albergan colmenas de abejas africanizadas (Ver figura 20).

Cerca de las colmenas se tiene plantado botón de oro (*Thitonia diversifolia*), es una planta de gran valor para la producción de miel porque florece abundantemente durante todo el año. Esta actividad produce tres galones de miel. Su cosecha se realiza a finales de febrero y marzo.



Figura 20: Cajones de madera que contienen las colmenas de abejas africanizadas.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

c) Sistema silvopastoril

Con una superficie de 25,811 metros cuadrados y una pendiente entre 11-13 por ciento.

Esta área de la finca fue dividida en ocho mangas para el pastoreo directo del ganado bovino y caprino, este último recientemente introducido. (Ver cuadro VII)

Cada manga está dividida con cuatro cuerdas de alambre de púas, sostenida por una cerca viva multiestratos con especies como balo (*Gliricidia sepium*), mamey (*Mammea americana*), calabazo (*Cressintya alata*), guayabo (*Psidium guajava*), tachuelo (*Zanthoxylum panamense*), mango (*Mangifera indica*), jobo (*Spondias mombin*), que además de brindar forrajes, alimentos para el consumo humano y ganado, a estos últimos,

les proporcionan sombra evitando el estrés calórico y además de beneficios al ecosistema como refugio y alimentos a la fauna local.

El componente arbóreo, está distribuido de manera aleatoria, sin densidad específica, a criterio del productor, que dejó en las mangas aquellos árboles que considera brindan una utilidad, ya sea madera o frutos (Ver figura 21).



Figura 21: Árboles de guayabo (*Psidium guajava*) dispersos en las mangas de pastoreo.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

#### CUADRO VII SUPERFICIE EXACTA EN METROS CUADRADOS DE CADA MANGA DEL SISTEMA

<b>Mangas del sistema silvopastoril</b>		
	<b># de manga</b>	<b>Superficie m<sup>2</sup></b>
Fuente: Katerine  La producción cinco animales y productor introdujo	1	4,268
	2	4,075
	3	2,610
	4	5,544
	5	1,811
	6	1,172

Rodríguez, 2018.  
pecuaria es de con  
recientemente el  
tres cabras, los

cuales pastorean juntas y se alimentan de pastos como *Brachiaria brizantha*), Alicia Toledo (*Brachiaria ratana* (*Ischaemun indicum*), su dieta, además, es complementada por forrajes de corte como botón de oro (*Tithonia diversifolia*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), balo (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*), sorgo (*Sorgum spp*) y frutales como sandía (*Citrullus lanatus*), mango (*Mangifera indica*), guayaba (*Psidium guajava*) (Ver figura 22)

7	1,457
8	4,874
Total en m <sup>2</sup>	25,811
Total en ha	2.5811



Figura 22 A: Sandías provenientes del componente agrícola para mejorar la alimentación del ganado bovino. B: Leucaena importante fuente de proteína para el ganado. Fuente: K. Rodríguez, 2018.

El sistema tiene árboles dispersos, tanto maderables que han sido aprovechados por el productor para la generación de ingresos, pues cuenta con especies valiosas como cedro amargo (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), como frutales.

d) Zoo criadero de iguanas

Cuenta con seis iguanas verdes (*Iguana iguana*) en un espacio de 426 metros cuadrados, las cuales son alimentadas con maní forrajero (*Arachi pinto*), papo (*Hibiscus spp*), guineo (*Musa spp*), yuca (*Manihot sculenta*), zapallo (*Cucurbita maxima*). Su hábitat se encuentra delimitado con láminas de zinc para evitar su escape, dentro de su área hay árboles de aguacate (*Persea americana*), guanábana (*Annona muricata*), mamey (*Mammea americana*) (Ver figura 23), su follaje también es consumido por las iguanas. Dentro de este espacio también hay un banco de arena que es utilizado por las iguanas para el desove de sus huevos.



Figura 23: Espacio del zoo criadero de iguanas con diferentes especies arbóreas que además de refugio, funcionan como alimento. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

e) Medidas de conservación de suelos

La topografía en la finca agro-silvo-pastoril, presenta pendientes de hasta 14 por ciento, lo que implicaría durante la época lluviosa, la pérdida de la capa de suelo fértil, es por ello que el productor mantiene tanto en el componente agroforestal como el silvopastoril medidas de conservación de suelo, entre ellas podemos mencionar:

✓ Cobertura vegetal muerta: la hojarasca producida por los árboles y también materiales vegetales de otras plantas, son utilizados para cubrir los suelos con pendiente. La cual protege lo del impacto directo de las gotas de lluvia, reduce la velocidad del agua de escorrentía y también aporta al descomponerse materia orgánica al suelo (Ver figura 24).

✓ Barreras Vivas: el productor ha empleado en el sistema silvopastoril vetiver (*Vetiveria zizanioides*) (Ver figura 24), que ha sido plantado entre el pasto en hileras de manera perpendicular a la pendiente. Y en el sistema agroforestal ha establecido, pero en menor cantidad la hierba de limón (*Cymbopogon citratus*) Ambas plantas brindan la función de atrapar los sedimentos que son arrastrados por el agua y, por tanto, la reducción de la erosión.

✓ Barrera muerta: el productor ha empleado cercos de piedras o de rastrojos, colocados conforme las curvas a nivel y sirven para disminuir la velocidad del agua para evitar la erosión de los suelos (Ver figura 24). Esta medida la ha establecido en el componente agroforestal, específicamente en el área de cultivos





Figura 24: Medidas de conservación de suelos en la finca agro-silvo-pastoril. A: Cobertura vegetal muerta. B: Barreras muertas como piedras. C: Barreras vivas de vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Fuente: K. Rodríguez, 2018.

## 4.2. Inventario Forestal

- **Finca de sistema agro-silvo-pastoril**

La finca agro-silvo-pastoril cuenta con un total de 389 árboles con circunferencia superior a diez centímetros, además de 45 arbustos de borojó (*Borojoa patinoi*) distribuidos 44,094 metros cuadrados, los cuales comprenden el sistema agroforestal y silvopastoril, que se pueden clasificar en uso maderables, frutales y otros (estacas). Es importante señalar que además del uso por el que se les clasificó, proporcionan otros beneficios como sombra, control de erosión, ciclaje de nutrientes, refugio y alimento a la vida silvestre (Ver cuadro VIII)

CUADRO VIII CLASIFICACIÓN POR USO Y CANTIDAD DE ÁRBOLES EN EL COMPONENTE AGROFORESTAL Y SILVOPASTORIL DE LA FINCA EL ROBLECITO.

Componente	Uso	Cantidad de árboles
Silvopastoril	Maderables	82
	Frutales	67
	Otros	11
	<b>TOTAL</b>	<b>160</b>
Agroforestal	Maderables	74
	Frutales	154
	Otros	1
	<b>TOTAL</b>	<b>229</b>
<b>TOTAL AMBOS COMPONENTES</b>		<b>389</b>

Fuente:

Katerine

Rodríguez, 2018.

- **Componente agroforestal**

- a) Especies y número de individuos

El sistema agroforestal de la finca agro-silvo-pastoril es el área donde hay mayor concentración de árboles, especialmente frutales (Ver cuadro VIII). Los árboles no cuentan con una densidad específica, pero si mantienen la mayoría de la superficie con sombra, a excepción donde se ubican las parcelas de cultivos. Debajo de toda la cobertura de los árboles se encuentran 45 arbustos de borjój (*Borojoa patinoi*). (Ver figura 25)

En este componente de la finca hay 278 árboles y arbustos de diferentes utilidades, perteneciente a 19 familias distintas, demostrando cuanta diversidad se puede tener en poca superficie (Ver Cuadro IX)

**CUADRO IX FAMILIAS, ESPECIES Y CANTIDAD DE ÁRBOLES ENCONTRADOS EN EL COMPONENTE AGROFORESTAL, INCLUYENDO LOS ARBUSTOS DE BOROJÓ\*.**

	Familia	Nombre común	Especie	Número de individuos
1	Anacardiaceae	Espavé	<i>Anacardium excelsum</i>	4
		Mango	<i>Mangifera indica</i>	5
		Mangotín	<i>Spondias cytherea</i>	6
		Zorro	<i>Astronium graveolens</i>	2
2	Annonaceae	Guanábana	<i>Annona muricata</i>	29

3	Arecaceae	Cocotero	<i>Cocus nucífera</i>	29
4	Bignoniaceae	Guayacán	<i>Tabebuia guayacan</i>	1
		Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	1
5	Bombacaceae	Cedro Espino	<i>Bombacopsis quinata</i>	15
		Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	1
6	Boraginaceae	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	6
7	Burseraceae	Cholo pelao	<i>Bursera simaruba</i>	1
8	Fabaceae Caesalpinioidea e	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	3
	Fabaceae Mimosoioideae	Guaba	<i>Inga spectabilis</i>	1
		Pino Amarillo	<i>Chloroleucon mangense</i>	12
9	Lauraceae	Aguacate	<i>Persea americana</i>	54
1 0	Lecythidaceae	Coco	<i>Lecythis tuyrana</i>	1
1 1	Malpighiaceae	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	7
1 2	Malvaceae Bombacoideae	Sapote	<i>Quararibea cordata</i>	6
	Malvaceae Byttnerioideae	Cacao*	<i>Theobroma cacao</i>	4
1 3	Meliaceae	Cedro Amargo	<i>Cedrela odorata</i>	31
1 4	Moraceae	Árbol Pan	<i>Artocarpus altilis</i>	1
1 5	Myrtaceae	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	3
1 6	Rubiaceae	Borojó*	<i>Borojoa patinoi</i>	45
1 7	Rutaceae	Limón	<i>Citrus limon</i>	2
		Narnaja	<i>Citrus cinensis</i>	3
1 8	Sapindaceae	Mamón Chino	<i>Nephelium lappaceum</i>	1
1 9	Sapotaceae	Mamey	<i>Mammea americana</i>	2
		Camimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	1
TOTAL				278
*Árboles con circunferencia menor a 10 cm.				

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

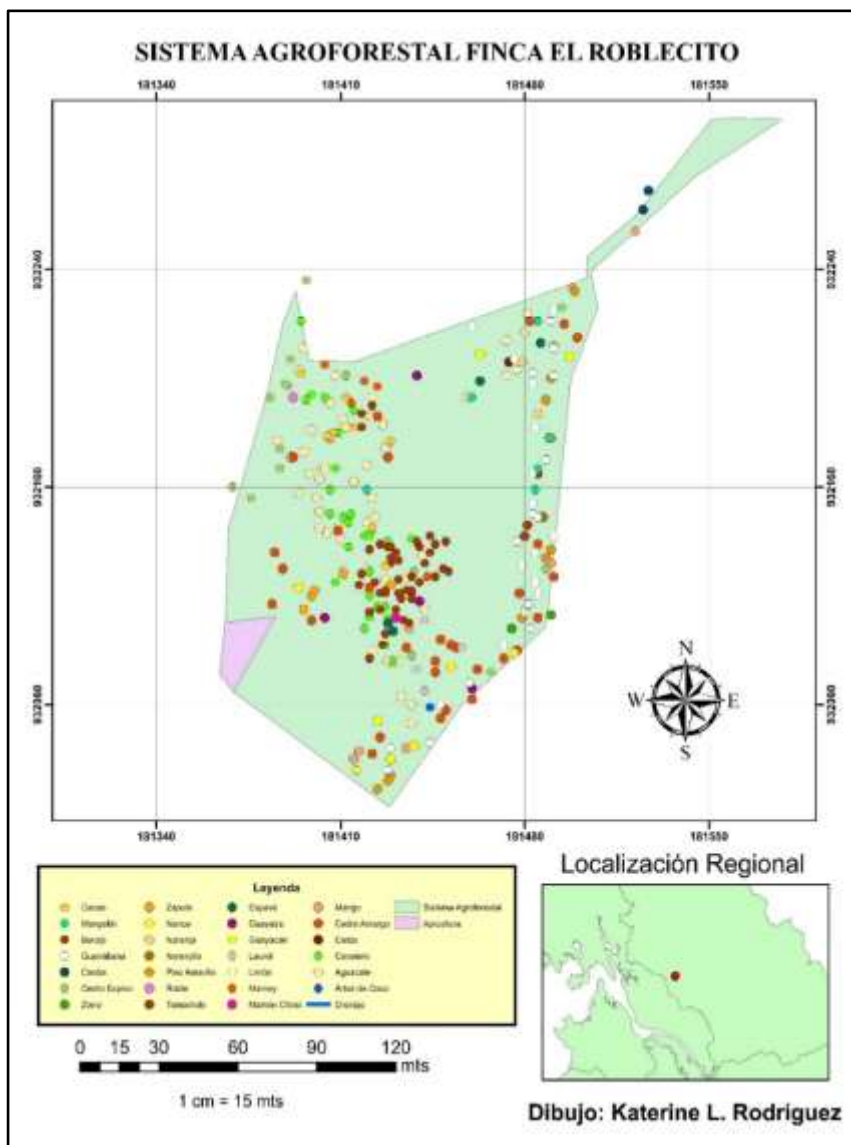


Figura 25: Distribución de los árboles en el componente agroforestal dentro de la finca, donde cada color y símbolo diferencia a la diversidad de especies, también muestra la distribución de los arbustos de borjój. Las áreas donde no se encuentran árboles, son las destinadas para cultivos como ají, tomate entre otros. El área marcada con morado es la destinada al apiario. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

b) Diámetro

Los resultados de diámetros se determinaron en metros cúbicos, siguiendo la normativa establecida en la Resolución AG-0770-2004 de 24 de diciembre de 2004, la cual reglamenta la cubicación de la madera para aprovechamientos forestales.

Los diámetros obtenidos van de 0.06 metros a 1.24 metros. Para mayor comprensión de los datos se clasificó en 12 clases diámétricas. (Ver figura 26)

La clase diamétrica menor que va desde 0.06 a 0.15 metros, se agrupan 49 individuos que corresponde a árboles de frutales como sapote, guanábana, limón, aguacate, mamón chino, naranja, cacao entre otros. El árbol con mayor diámetro es un cedro espino, que mide 1.24 metros.

#### c) Altura

La altura también fue agrupada en intervalos de tres metros y graficada para mejor interpretación de los datos. La menor altura es de 2.50 metros y corresponde a cocoteros pertenecientes a la familia de Arecaceae. Otras especies como guanábana, limón, naranja, mangotín, nance pertenecen a la clase con alturas de que van desde los 2.50 a 5.50 metros.

Por otro lado, el árbol con mayor altura en el componente agroforestal mide 21 metros y es un pino amarillo (*Chloroleucon mangense*), pero la gran mayoría de los árboles tienen una altura entre los 14.54 y 17.54 metros (Ver figura 27), entre ellos árboles de cedro amargo, guayacán, espavé, caimito, aguacate, laurel, cedro espino, zorro.

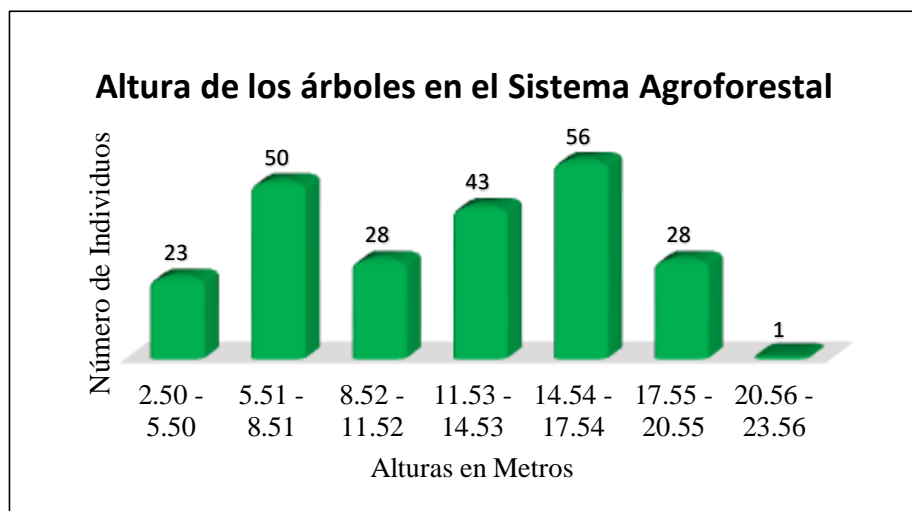


Figura 26: Gráfica de barras en la que se detalla el número de árboles que hay en cada clase diámetrica. Fuente: K. Rodríguez, 2018

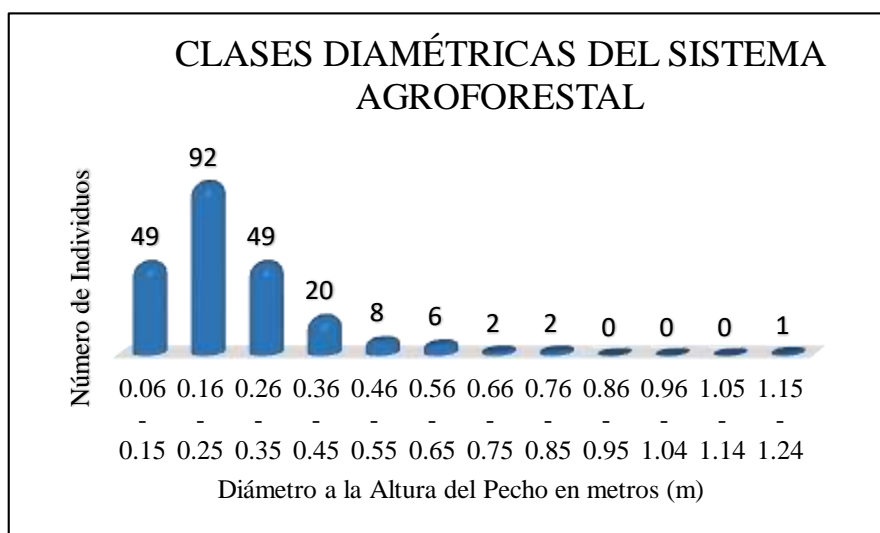


Figura 27: El eje horizontal corresponde a las alturas de los árboles y el vertical al número de árboles agrupados en cada clase. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

d) Cubicación de árboles en pie

Se cubicaron solo los árboles con potencial maderero, a los mismos se les tomó adicional la altura comercial. De los 230 árboles que tiene el componente forestal 74 presentan este

uso. Los resultados se obtuvieron en metros cúbicos y en pie tablares ya que es una medida más utilizada por los productores. (Ver cuadro X)

CUADRO X VOLUMEN EN METROS CÚBICOS Y PIE TABLARES DE CADA ESPECIE MADERABLE DEL COMPONENTE AGROFORESTAL.

#	Especie	# de individuos	Volumen en metros cúbicos	Pie tablares
1	<i>Cedrela odorata</i>	31	8.010	1762.200
2	<i>Bombacopsis quinata</i>	15	9.396	2067.120
3	<i>Ceiba pentandra</i>	1	0.501	110.220
4	<i>Lecythis tuyrana</i>	1	0.520	114.400
5	<i>Anacardium excelsum</i>	4	2.398	527.560
6	<i>Tabebuia guayacan</i>	1	0.212	46.640
7	<i>Cordia alliodora</i>	6	1.214	267.080
8	<i>Chloroleucon mangense</i>	12	5.592	1230.240
9	<i>Tabebuia rosea</i>	1	0.070	15.400
10	<i>Astronium graveolens</i>	2	0.638	140.360
<b>T O T A L</b>		<b>74</b>	<b>28.551</b>	<b>6281.220</b>

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

- **Componente silvopastoril**

- a) Especies y número de individuos

Este componente de la finca cuenta con 160 árboles agrupados en 13 familias y distribuidos en 2.5811 hectáreas (Ver figura 28). Se encuentran establecidos principalmente árboles

maderables en los que destaca el roble (*Tabebuia rosea*) y frutales principalmente guayaba (*Psidium guajava*). (Ver Cuadro XI).

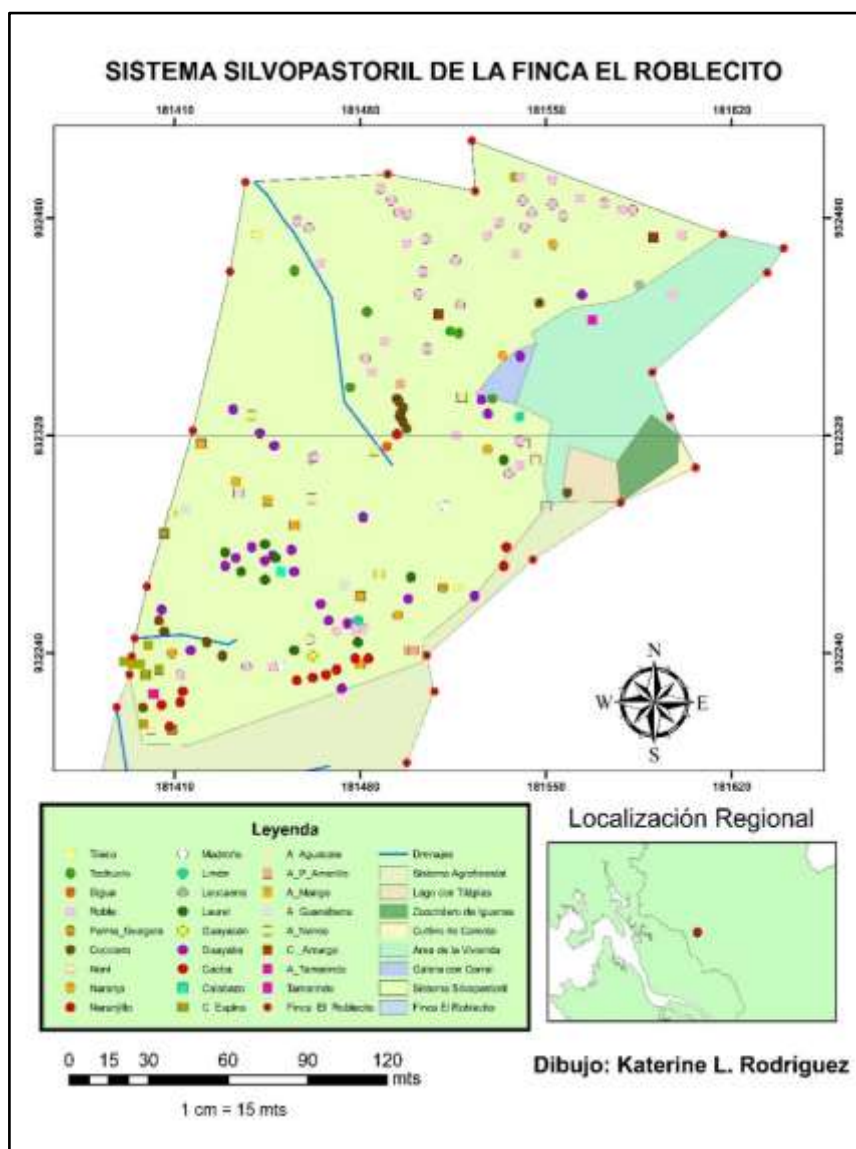


Figura 28: Distribución de los árboles dentro del componente silvopastoril. Cada símbolo con color representa una especie. Fuente: K. Rodríguez, 2018.

**CUADRO XI FAMILIAS, ESPECIES Y CANTIDAD DE ÁRBOLES ENCONTRADOS EN EL COMPONENTE SILVOPASTORIL.**



N°	Familia	Nombre común	Especie	Número de Individuos
1	Anacardiaceae	Mango	<i>Mangifera indica</i>	8
2	Annonaceae	Guanábana	<i>Annona muricata</i>	5
3	Arecaceae	Cocotero	<i>Cocus nucífera</i>	13
4	Bignoniaceae	Guayacán	<i>Tabebuia guayacan</i>	1
		Calabazo	<i>Cressintya alata</i>	1
		Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	44
5	Bombacaceae	Cedro espino	<i>Bombacopsis quinata</i>	6
6	Boraginaceae	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	9
7	Fabaceae Caesalpinioideae	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	1
		Tinicú	<i>Schizolobium parahyba</i>	2
	Fabaceae Mimosoioideae	Leucaena	<i>Leucaena leucocephalala</i>	1
		Pino amarillo	<i>Chloroleucon mangense</i>	11
8	Lauraceae	Aguacate	<i>Persea americana</i>	3
		Sigua	<i>Cinamomum triplinerve</i>	1
9	Malpighiaceae	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	5
10	Meliaceae	Cedro amargo	<i>Cedrela odorata</i>	2
		Caoba nacional	<i>Swietenia macrophylla</i>	8
11	Myrtaceae	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	23
12	Rubiaceae	Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	1
		Noni	<i>Morinda citrifolia</i>	1
13	Rutaceae	Limón	<i>Citrus limon</i>	2
		Naranja	<i>Citrus cinensis</i>	6
		Tachuelo	<i>Zanthoxylum panamense</i>	6
<b>TOTAL</b>				160

Fuente: Katerine Rodríguez.

#### b) Diámetro

Este componente presenta menos clases diamétricas, que van desde 0.05 metros a 0.69 metros. La mayoría de los árboles se encuentran entre los 0.20 a 0.29 metros de diámetro, que corresponde a árboles de laurel y roble principalmente. Los árboles con diámetros entre

0.50 y 0.69 corresponden a especies como pino amarillo (*Chloroleucon mangense*) y cedro espino (*Bombacopsis quinata*). Para un mejor análisis se agruparon todos los diámetros en siete clases diámétricas (Ver figura 29).

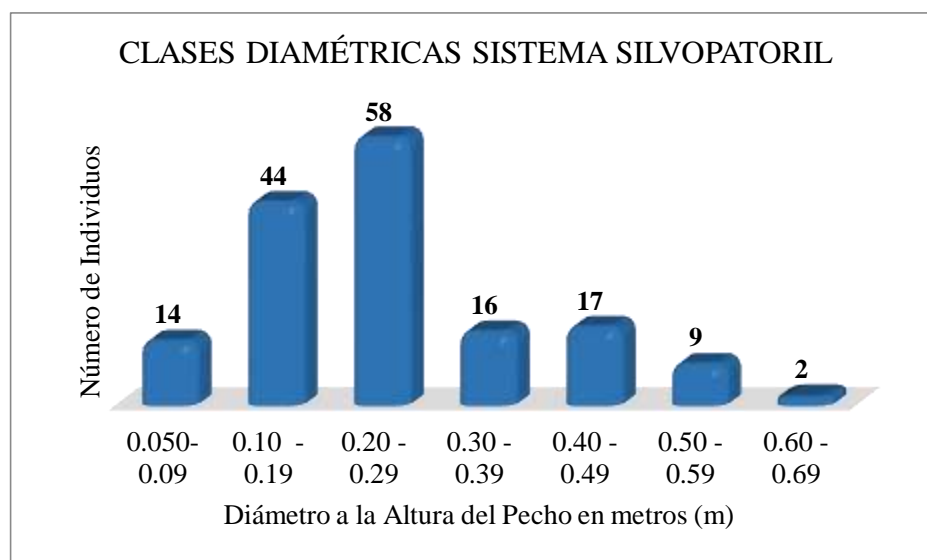


Figura 29: Clases diámétricas del sistema silvopastoril. La mayoría de los árboles tienen un diámetro que va desde los 20 hasta los 29 centímetros.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018

### c) Altura

Las alturas en el componente silvopastoril van de 2.20 a 21.00 metros. (Ver figura 30)

Los árboles de menor tamaño van desde 2.20 a 5.50 metros y son de limón, naranja, guayaba, cocotero y nance y la clase con mayor cantidad de individuos corresponde a árboles de laurel, roble, pino amarillo, mango, cedro amargo, cedro espino entre otros.

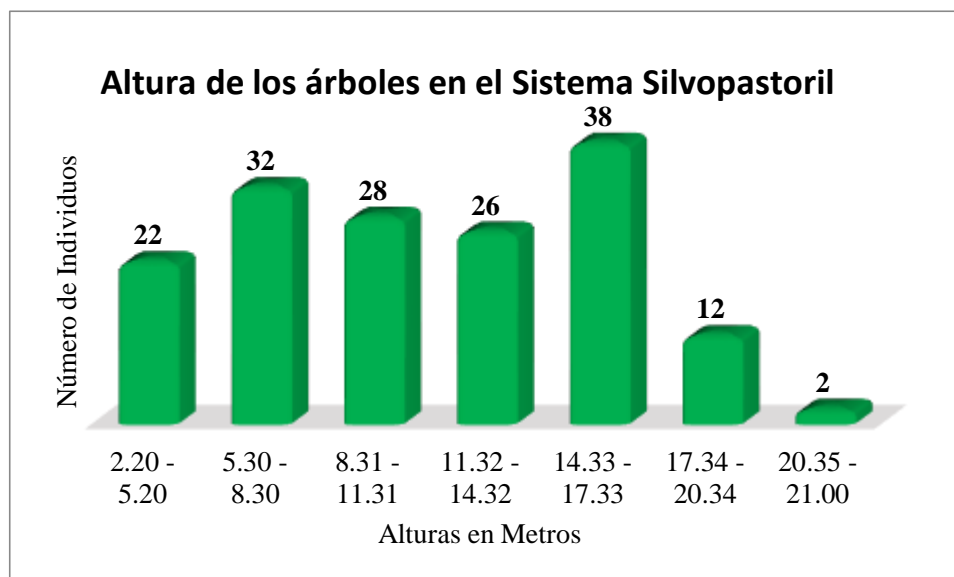


Figura 30: Alturas de los árboles en el componente silvopastoril. Las clases con mayor cantidad de árboles tiene una altura entre los 5.30 a 8.30 metros y 14.33 a 17.33 metros.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

d) Cubicación de árboles en pie

El sistema silvopastoril cuenta con un total de 160 árboles distribuidos en las mangas de pastoreo del ganado bovino y caprino, 82 de ellos pueden ofrecer el recurso madera, ya sea para la venta o para realizar o dar mantenimiento a cualquier infraestructura dentro de la finca. (Ver cuadro XII)

CUADRO XII VOLUMEN EN METROS CÚBICOS Y PIE TABLARES DE CADA ESPECIE MADERABLE DEL COMPONENTE AGROFORESTAL

#	Especie	# de individuos	Volumen en metros cúbicos	Pie tablares
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	8	2.295	504.900
2	<i>Cedrela odorata</i>	2	1.386	304.920
3	<i>Bombacopsis quinata</i>	6	4.366	960.520
4	<i>Tabebuia guayacan</i>	1	0.059	12.980
5	<i>Cordia alliodora</i>	9	1.466	322.520

<b>6</b>	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	1	0.036	7.920
<b>7</b>	<i>Chloroleucon mangense</i>	11	6.581	1447.820
<b>8</b>	<i>Tabebuia rosea</i>	44	11.161	2455.420
	<b>T O T A L</b>	<b>82</b>	<b>27.350</b>	<b>6017.000</b>

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

- **Finca con sistema ganadero convencional**

En el inventario realizado en esta finca nos permitió saber que cuenta con 41 árboles en 55,970 metros cuadrados, la mayoría son palmas las cuales no fueron derribadas porque se utilizan para el techo de ranchos y construcciones rurales en la provincia. Este predio tiene muy poca cobertura vegetal y diversidad de especies que brinden usos alternativos al productor o alimentación para el ganado (Ver Figura 31)

a) Diámetro

Los árboles de esta finca presentan diámetros que van desde 0.16 a 0.59 metros y solo a 26 de 49 que hay en total, se les midió diámetro. Los individuos restantes son palmas de corocita (*Elaeis oleifera*), las cuales por la forma de su tallo y disposición de las hojas no permiten que se obtenga un diámetro real, si no, que se obtiene un diámetro exagerado (Ver cuadro XIII).

b) Altura

Las alturas van 3.40 a 12.20 metros. Las alturas menores corresponden en su mayoría a la palma de corocita (*Elaeis oleifera*) y la mayor de 12.20 a un jobo (*Spondias mombin*) (Ver cuadro XIII)

c) Cubicación de Madera en Pie

En esta finca solo hay dos árboles que se pueden aprovechar como madera, ambos son de roble y tienen un volumen de 0.086 metros cúbicos o 18.92 pie tablares.

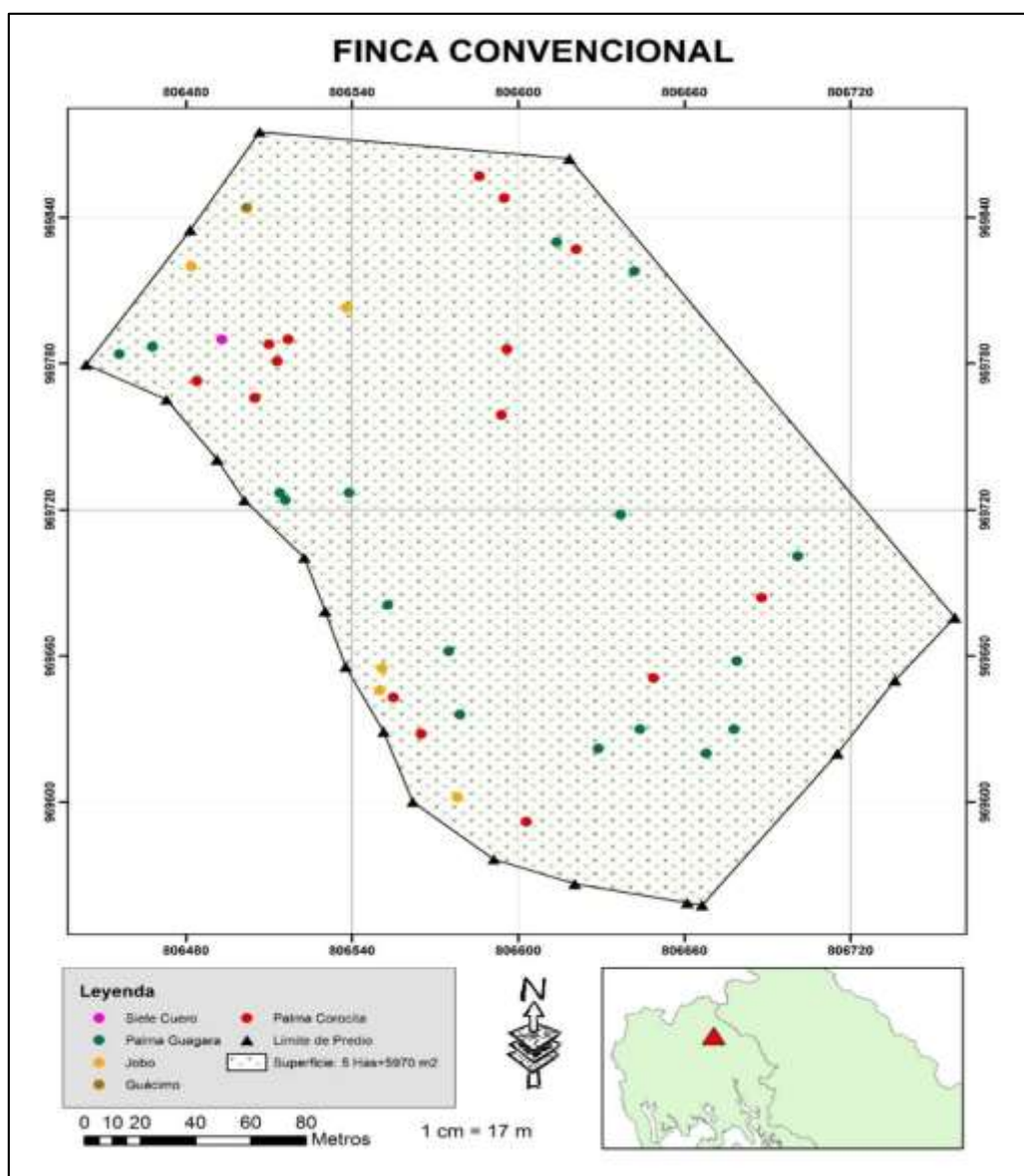


Figura 31: Distribución de los 41 árboles en la finca de sistema ganadero convencional de 55,970 metros cuadrados. Cada color indica una especie diferente. De inmediato se observa que la mayoría de la vegetación de este predio corresponde a palmas guagara (*Cryosophila guagara*). Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

CUADRO XIII ESPECIES, DIÁMETRO Y ALTURA DE LOS ÁRBOLES DE LA FINCA CON SISTEMA GANADERO CONVENCIONAL.

SISTEMA GANADERO CONVENCIONAL					
N°	Nombre común	Nombre científico	Diámetro en cm	Diámetro en m	Altura total
1	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	29.00	0.29	8.40
6	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	41.40	0.41	8.00
3	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	32.10	0.32	8.20
4	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	45.10	0.45	8.40
2	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	59.10	0.59	10.20
5	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	48.50	0.49	12.20
7	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>	No se midió diámetro debido a la forma del tallo y disposición de las hojas de esta palma	0.00	3.40
13	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	4.00
8	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	4.60
10	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	4.80
9	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	5.00
15	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	5.00
17	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	5.00
21	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	5.00
11	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	5.20
14	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	5.40
18	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	5.60
12	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	6.00
16	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	6.20
19	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>		0.00	6.20
20	Palma corocita	<i>Elaeis oleifera</i>	0.00	6.20	
30	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	18.00	0.18	3.60
29	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	24.20	0.24	5.00
23	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	24.50	0.25	5.20
24	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	28.50	0.29	5.20
35	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	19.40	0.19	5.40
28	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	24.00	0.24	5.40
22	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	25.20	0.25	5.40

<b>32</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	31.80	0.32	5.40
<b>31</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	15.90	0.16	5.60
<b>36</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	23.70	0.24	5.80
<b>33</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	35.50	0.36	6.00
<b>37</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	23.20	0.23	6.40
<b>27</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	26.80	0.27	6.40
<b>26</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	20.40	0.20	6.80
<b>34</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	30.00	0.30	7.60
<b>25</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	21.90	0.22	8.00
<b>38</b>	Palma guagara	<i>Cryosophila guagara</i>	26.90	0.27	9.00
<b>39</b>	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	15.50	0.16	5.00
<b>40</b>	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	20.60	0.21	7.20
<b>41</b>	Siete Cueros		32.60	0.33	10.60

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

#### 4.3. Temperatura del aire

Los datos de seis meses de lecturas fueron tabulados y graficados en Excel. Cada gráfica tiene las mediciones de un mes en grados Celsius de todos los sistemas (agroforestal, silvopastoril, ganadero convencional y bosque secundario con 30 años de descanso). Además de la hora en la que fue realizada la medición de temperatura, fecha y cada color representa uno (Ver figuras desde la 32 a la 37).





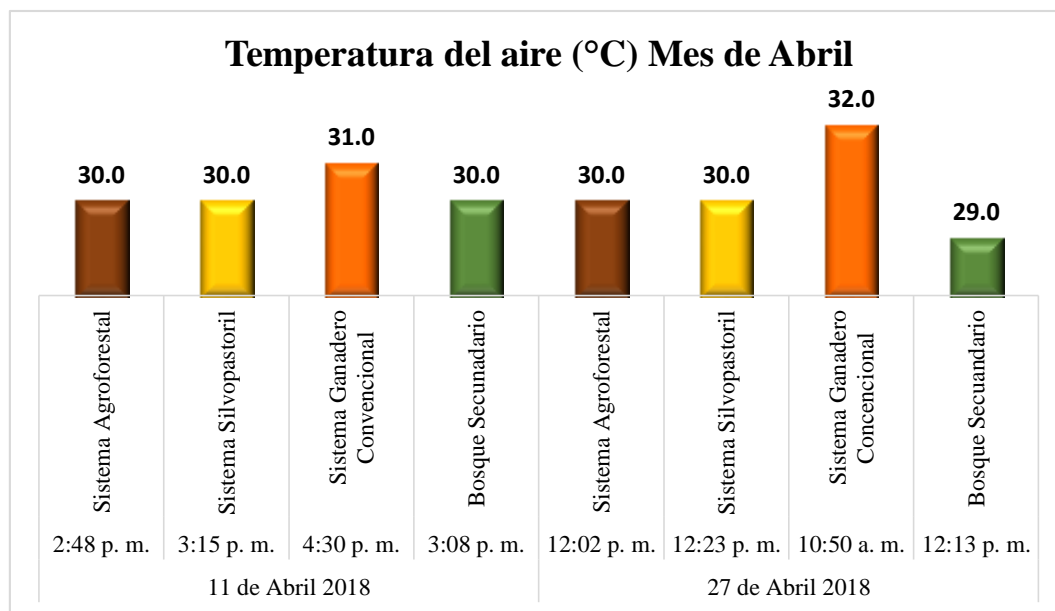


Figura 34: Registro de temperaturas durante el mes de abril en los distintos componentes y fincas evaluadas.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

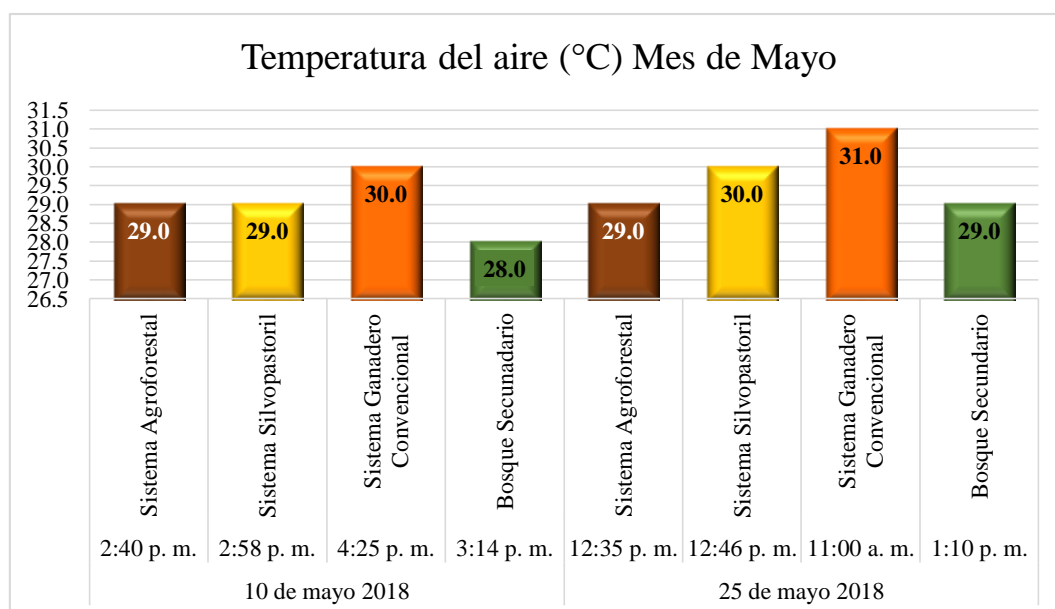


Figura 35: Temperaturas del mes de mayo.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

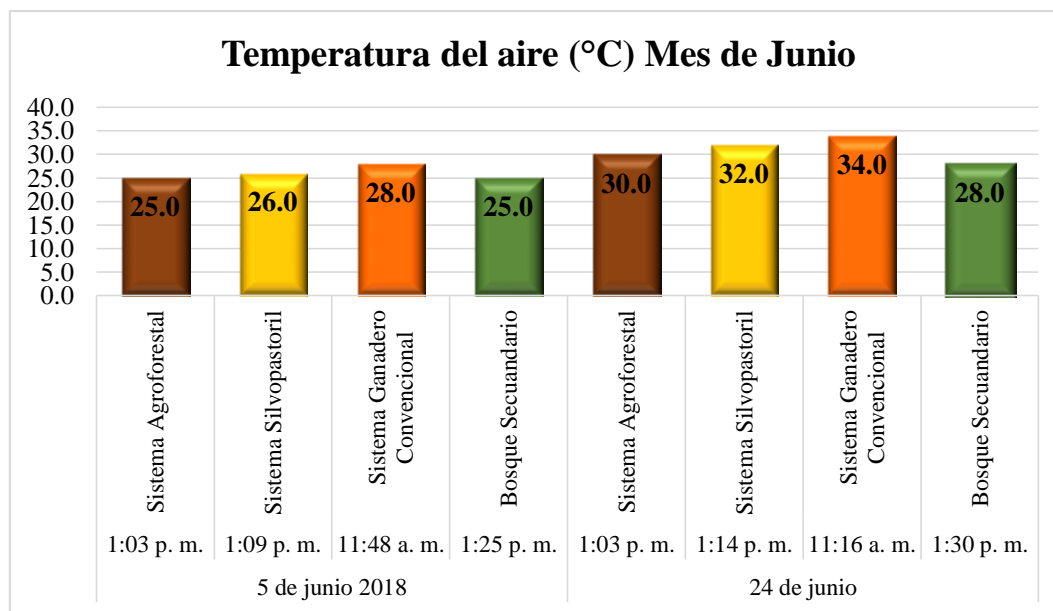


Figura 36: Temperatura del aire del mes de junio.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

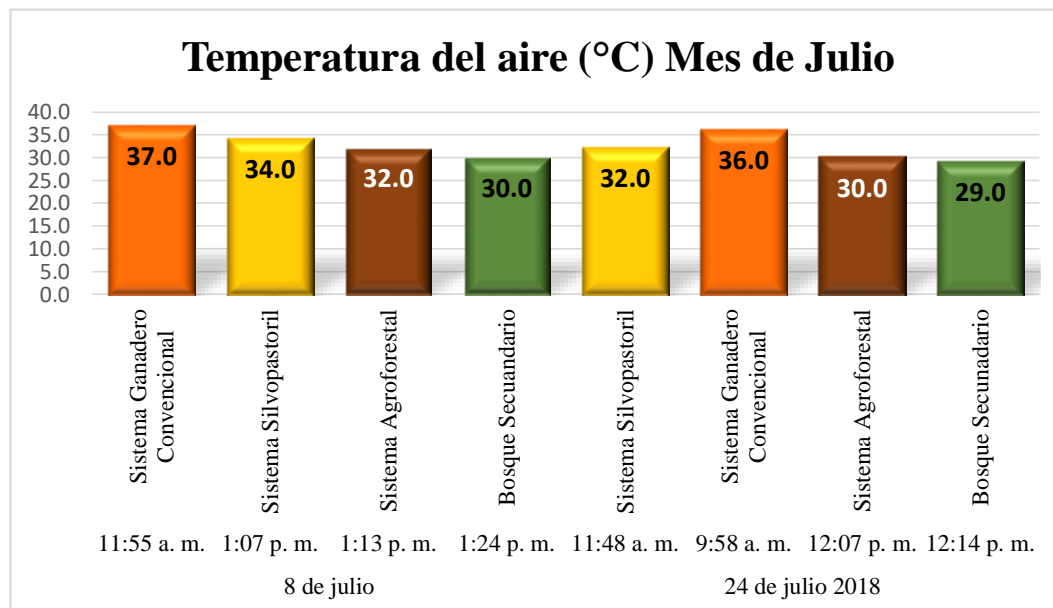


Figura 37: Temperaturas registradas durante el mes de julio. A partir del mes de marzo se registran dos lecturas por mes.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

#### 4.3.1. Temperatura del aire promedio

Se obtuvo un promedio de las dos lecturas de cada mes, para luego contar con un promedio de temperatura de aire en grados Celsius de los meses de estudio en cada componente. Al obtener los promedios se asignó una escala de color donde el rojo es la temperatura mayor, seguida del amarillo y los tonos verdes son los promedios más bajos de temperatura de aire registrados (Ver cuadro XIV)

CUADRO XIV TEMPERATURAS PROMEDIO DE TODOS LOS SISTEMAS O COMPONENTES DE LOS SEIS MESES DE INVESTIGACIÓN

<i>Temperatura Promedio Del Aire</i>							
<b>Sistema/ Componente</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Promedio de temperatura ° C</b>
Agroforestal	30.00	28.00	29.50	29.00	27.50	31.00	<b>29.00</b>
Silvopastoril	31.00	29.00	30.00	29.50	29.00	33.00	<b>30.00</b>
Convencional	32.00	30.50	31.50	30.50	31.00	36.50	<b>32.00</b>
Bosque Secundario	30.00	27.50	29.50	28.50	26.50	29.50	<b>28.50</b>

Fuente: Katerine Rodríguez, 2019.

#### 4.4. Temperatura de suelo

La temperatura del suelo, al igual que la temperatura ambiente, fue graficada para un mejor análisis e interpretación de las diferencias en grados Celsius de cada sistema. Son siete gráficas donde cada una contiene dos lecturas para cada mes. A excepción de febrero. (Ver figuras 38 a la 44)

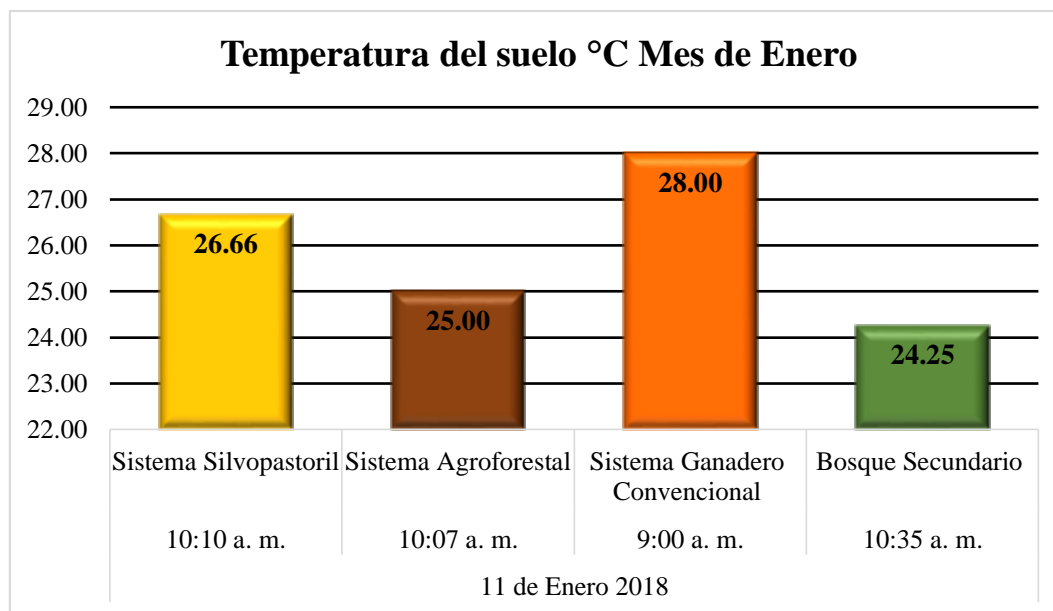


Figura 38: Temperatura en el suelo en grados Celsius en los componentes estudiados durante el mes de enero.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

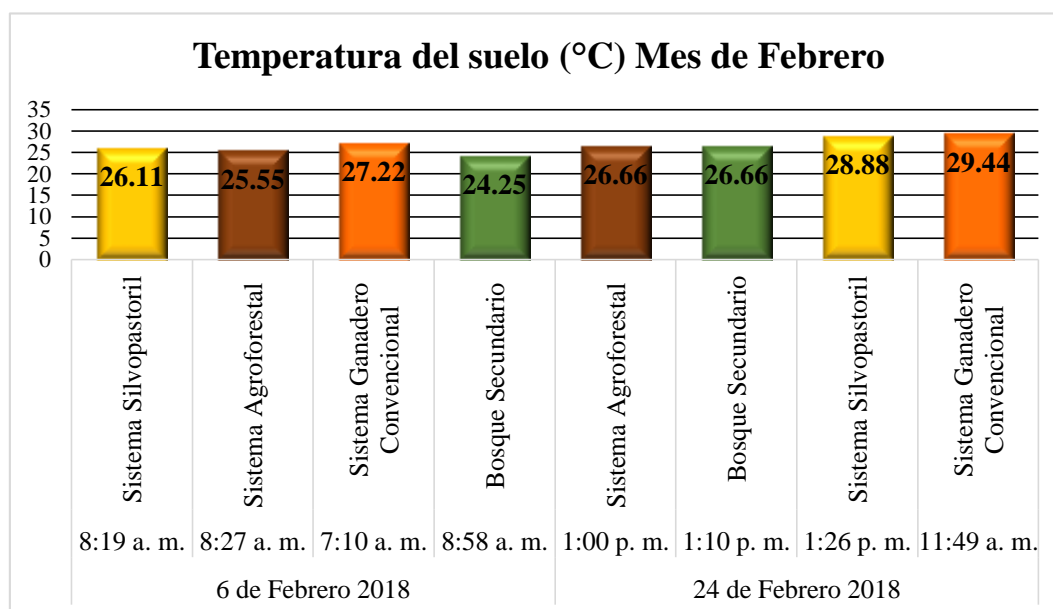


Figura 39: Temperatura en el suelo en el mes de febrero.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

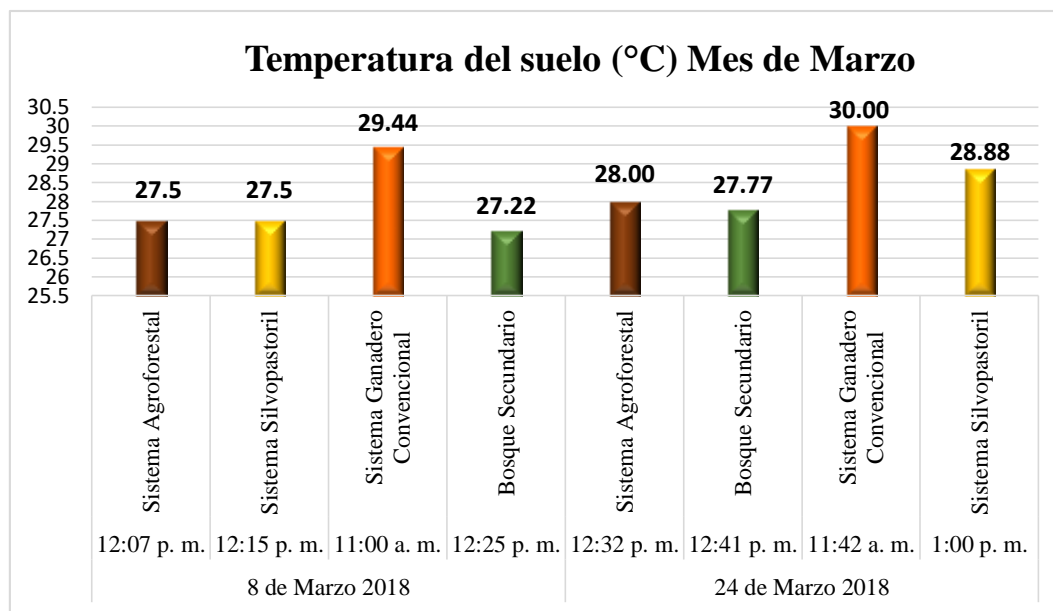


Figura 40: Temperaturas registradas en el mes de marzo.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.

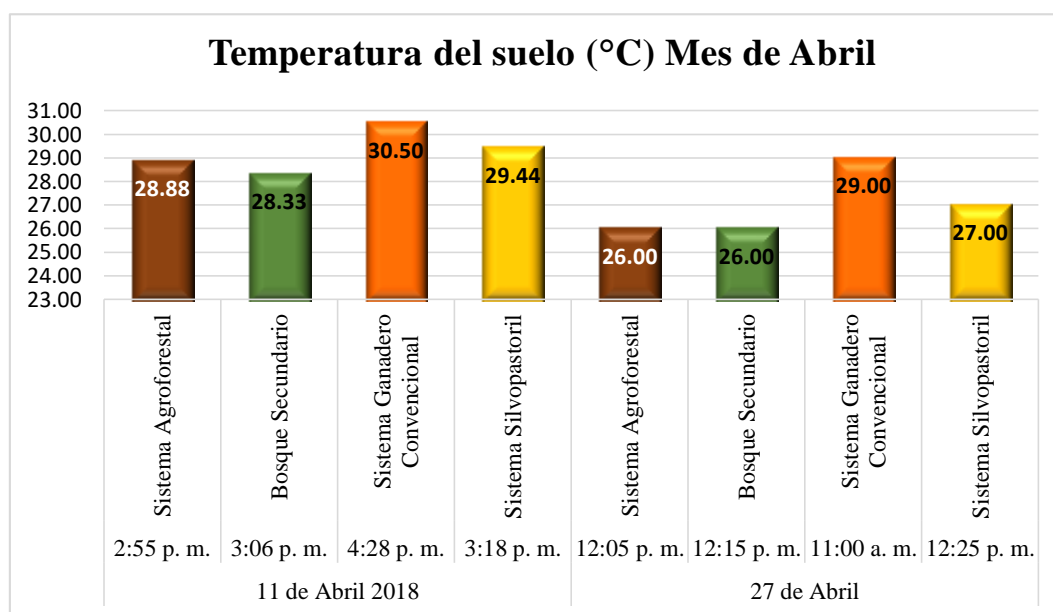


Figura 41: Temperaturas en el suelo mes en el mes de abril.

Fuente: K. Rodríguez 2018.

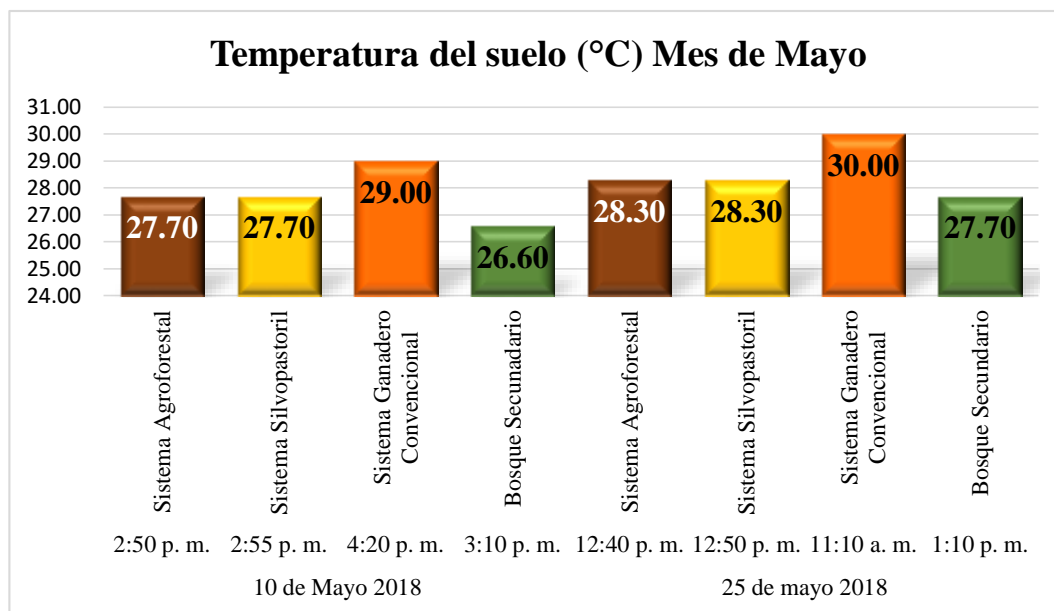


Figura 42: Temperaturas del mes de mayo. Fuente: K. Rodríguez, 2018.

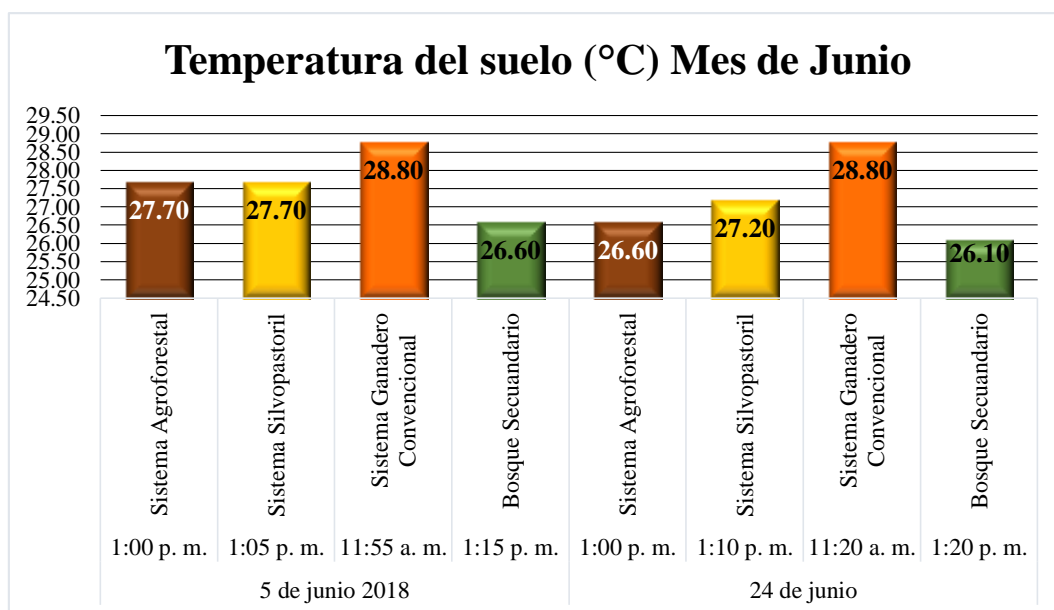


Figura 43: Temperatura en el suelo mes de junio.

Fuente: K. Rodríguez, 2018.



Agroforestal	25.00	26.10	27.70	27.20	28.00	27.10	27.00	<b>26.80</b>
Silvopastoril	26.00	27.50	27.70	28.20	28.00	27.50	27.40	<b>27.40</b>
Convencional	28.25	28.30	29.70	29.70	29.50	28.80	26.00	<b>28.60</b>
Bosque Secundario	24.25	25.50	27.00	27.20	27.10	26.35	29.40	<b>26.60</b>

Fuente: Katerine Rodríguez, 2019.

#### 4.5. Humedad relativa

Utilizando la tabla psicométrica se transformó la diferencia de temperatura entre el bulbo seco y húmedo en porcentajes de humedad relativa (Ver cuadro XVI). Por ello los datos también fueron graficados. Los datos se tomaron desde el mes de febrero al mes de julio. Cada gráfica representa un mes, en cada una de ellas hay dos lecturas, una al iniciar el mes y otro al finalizar el mismo. Cada color representa un sistema (Ver figuras 45 a la 50).

CUADRO XVI DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN GRADOS CELSIUS DEL TERMÓMETRO HÚMEDO Y SECO Y PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA OBTENIDOS DE CADA COMPONENTE O SISTEMA.

Humedad Relativa						
Día	Horas de Lectura	Sitio	Temperatura del aire °C	Temperatura del bulbo húmedo °C	Diferencia de Temperatura °C	Humedad Relativa en %
27 de Febrero 2018	11:25 a. m.	Sistema Agroforestal	30	25	5	66
	10:00 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	32	25	7	57
	12:00 p. m.	Bosque Secundario	30	24	6	61
	12:10 p. m.	Sistema Silvopastoril	31	24	7	56
8 de Marzo 2018	8:06 a. m.	Sistema Agroforestal	25	24	1	92
	8:15 a. m.	Bosque Secundario	25	24	1	92
	8:25 a. m.	Sistema Silvopastoril	26	25	1	92
	7:02 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	27	25	2	85
24 de Marzo 2018	1:10 p. m.	Sistema Agroforestal	31	26	5	67
	12:07 p. m.	Bosque Secundario	30	26	4	73
	2:38 p. m.	Sistema Ganadero Convencional	34	25	9	50
	1:03 p. m.	Sistema Silvopastoril	32	26	6	62
11 de Abril 2018	2:48 p. m.	Sistema Agroforestal	30	26	4	73
	3:15 p. m.	Sistema Silvopastoril	30	26	4	73
	4:30 p. m.	Sistema Ganadero Convencional	31	26	5	67
	3:08 p. m.	Bosque Secundario	30	27	3	79



27 de Abril 2018	12:02 p. m.	Sistema Agroforestal	30	28	2	86
	12:23 p. m.	Sistema Silvopastoril	30	28	2	86
	10:50 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	32	28	4	74
	12:13 p. m.	Bosque Secundario	29	28	1	92
10 de mayo 2018	2:40 p. m.	Sistema Agroforestal	29	26	3	79
	2:58 p. m.	Sistema Silvopastoril	29	25	4	72
	4:25 p. m.	Sistema Ganadero Convencional	30	25	5	67
	3:14 p. m.	Bosque Secundario	28	26	2	86
25 de mayo 2018	12:35 p. m.	Sistema Agroforestal	29	27	2	85
	12:46 p. m.	Sistema Silvopastoril	30	28	2	85
	11:00 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	31	28	3	79
	1:10 p. m.	Bosque Secundario	29	28	1	92
5 de junio 2018	1:03 p. m.	Sistema Agroforestal	25	25	0	100
	1:09 p. m.	Sistema Silvopastoril	26	25	1	92
	11:48 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	28	26	2	85
	1:25 p. m.	Bosque Secundario	25	25	0	100
24 de junio	1:03 p. m.	Sistema Agroforestal	30	28	2	86
	1:14 p. m.	Sistema Silvopastoril	32	29	3	80
	11:16 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	34	30	4	74
	1:30 p. m.	Bosque Secundario	28	27	1	92
8 de julio	11:55 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	37	31	6	65
	1:07 p. m.	Sistema Silvopastoril	34	30	4	74
	1:13 p. m.	Sistema Agroforestal	32	29	3	80
	1:24 p. m.	Bosque Secundario	30	28	2	86
24 de julio 2018	11:48 a. m.	Sistema Silvopastoril	32	28	4	74
	9:58 a. m.	Sistema Ganadero Convencional	36	29	7	59
	12:07 p. m.	Sistema Agroforestal	30	28	2	86
	12:14 p. m.	Bosque Secundario	29	28	1	92

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

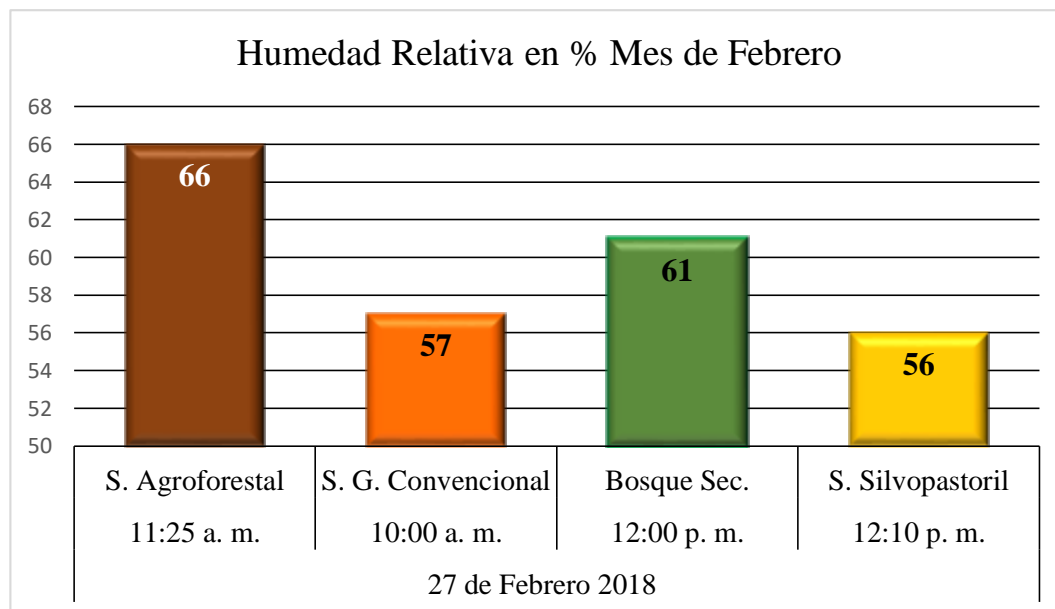


Figura 45: Humedad relativa en los diferentes componentes durante el mes de febrero.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

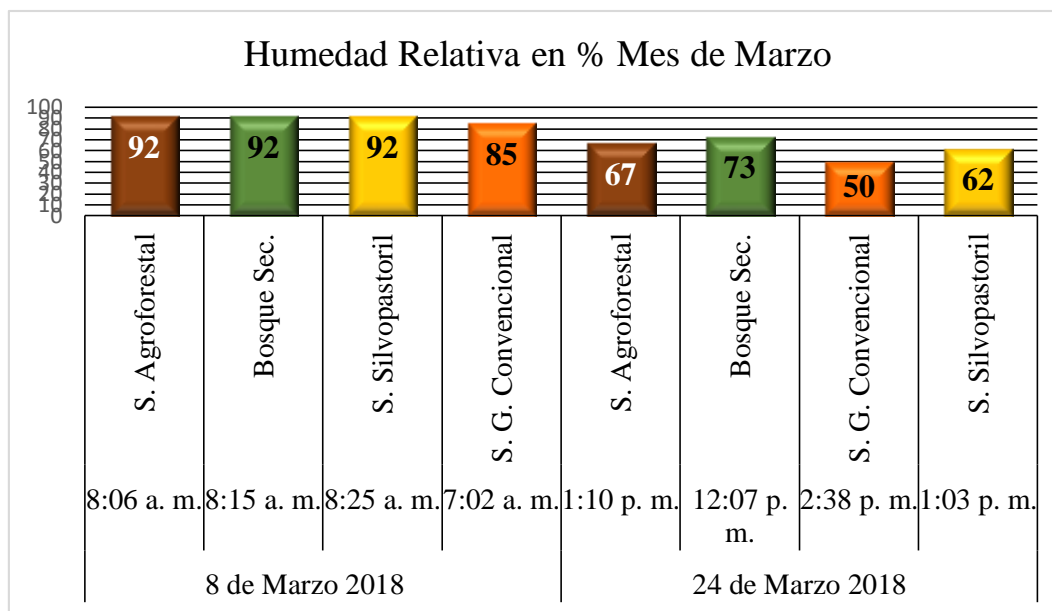


Figura 46: Humedad relativa en el mes de marzo.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

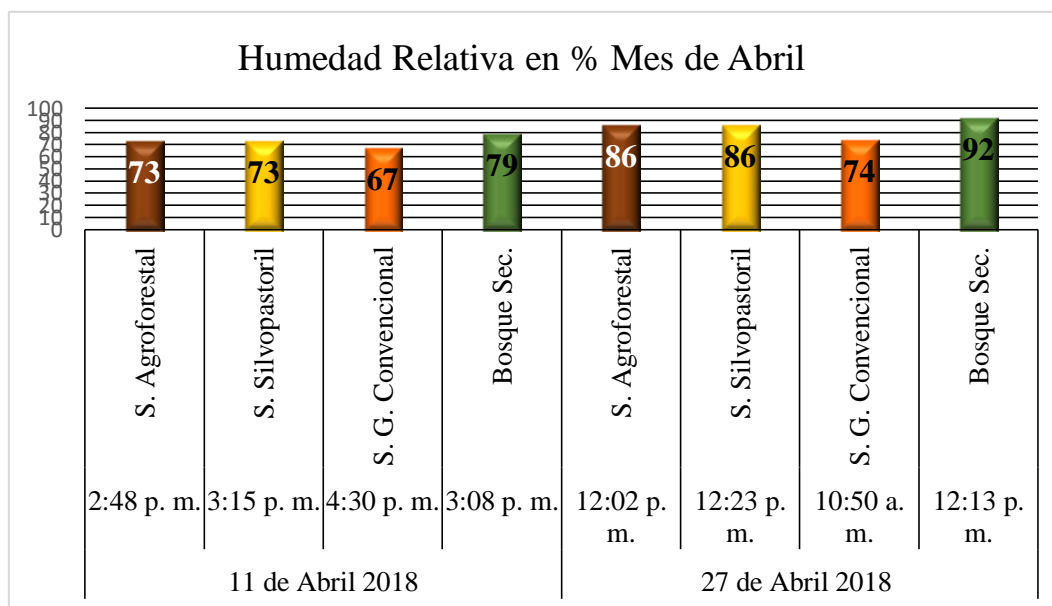


Figura 47: Humedad relativa mes de abril

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

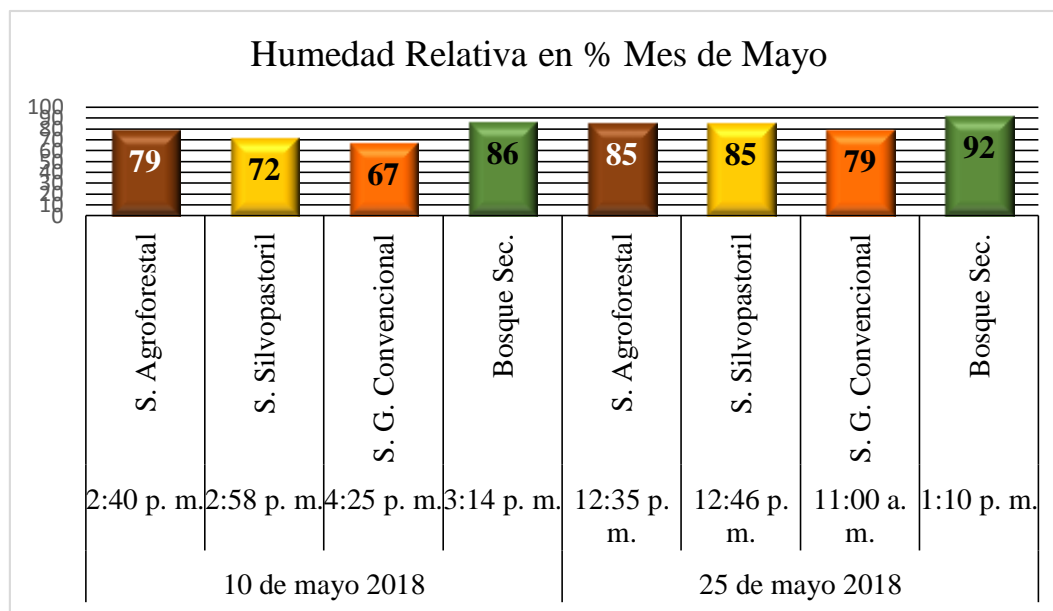


Figura 48: Humedad relativa mes de mayo.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

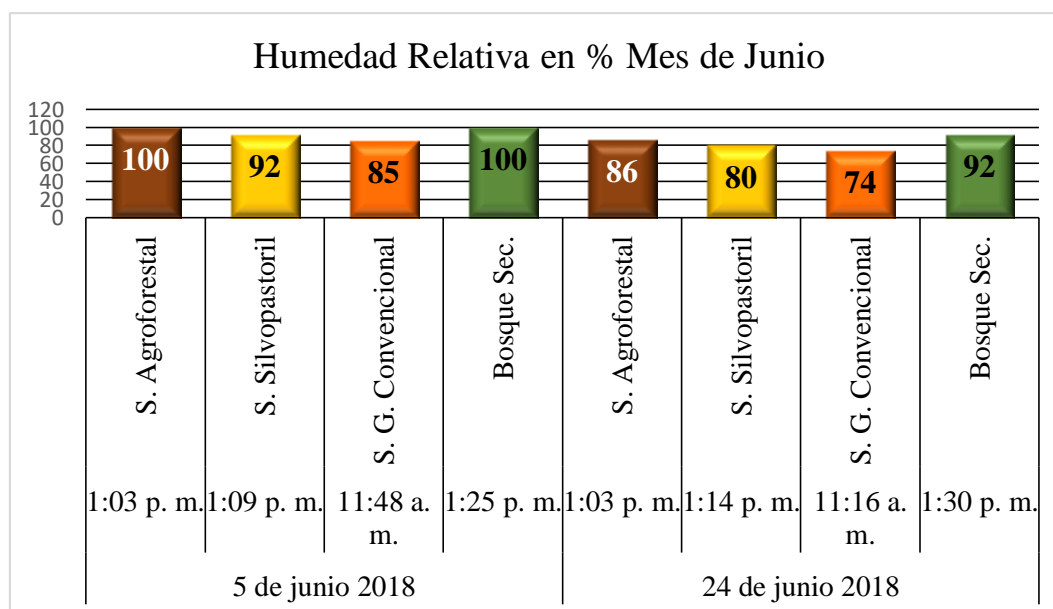


Figura 49: Humedad relativa mes de junio.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

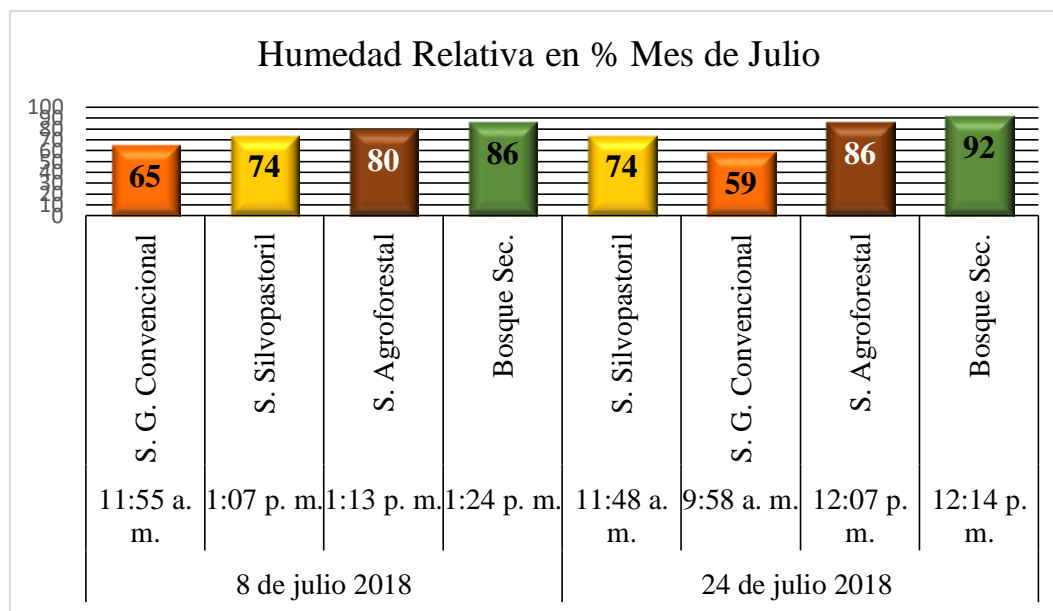


Figura 50: Humedad relativa durante el mes de julio.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

#### 4.6. Velocidad de infiltración

La prueba de velocidad de infiltración se realizó en la finca agro-silvo-pastoril y en la finca con sistema de ganadería convencional.

- **Finca Agro-silvo-pastoril**

En esta finca se realizaron dos pruebas de velocidad de infiltración una en el 29 de abril de 2018, pero anuló porque el suelo estaba muy seco y se requería mucha agua para poder culminar la prueba. Razón por la cual se decidió postergarla para los meses de época lluviosa. La segunda prueba se realizó, entonces, el 6 de junio de 2018. Los resultados obtenidos se tabularon y graficaron, para conocer la cantidad de agua que infiltra el suelo en dicha región. (Ver cuadro XVII y figura 51)

CUADRO XVII LECTURAS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL

$\Delta$ T	Tiempo Minutos	Lectura (mm)	$\Delta$ Laminar (cm)	Velocidad de infiltración (cm/h)
	0	132.00		
<b>1</b>	1	129.80	2.20	132.00
<b>2</b>	1	127.40	2.40	144.00
<b>3</b>	1	125.00	2.40	144.00
<b>4</b>	1	124.20	0.80	48.00
<b>5</b>	1	123.70	0.50	30.00
<b>6</b>	1	122.80	0.90	54.00
<b>7</b>	1	121.90	0.90	54.00
<b>8</b>	1	120.80	1.10	66.00
<b>9</b>	1	119.70	1.10	66.00
<b>10</b>	1	118.60	1.10	66.00
<b>11</b>	1	117.40	1.20	72.00
<b>12</b>	1	116.80	0.60	36.00
<b>13</b>	1	116.30	0.50	30.00
<b>R E L L E N O</b>				
	0	132.00		
<b>14</b>	1	131.10	0.90	54.00
<b>15</b>	1	130.30	0.80	48.00
<b>16</b>	1	129.50	0.80	48.00
<b>17</b>	1	128.80	0.70	42.00
<b>R E L L E N O</b>				
	0	132.00		
<b>18</b>	2	129.10	2.90	87.00
<b>20</b>	2	127.50	1.60	48.00
<b>22</b>	2	125.50	2.00	60.00
<b>24</b>	2	123.20	2.30	69.00
<b>26</b>	2	122.00	1.20	36.00
<b>27</b>	1	121.50	0.50	30.00
<b>28</b>	1	121.20	0.30	18.00
<b>29</b>	1	121.00	0.2	12.00
<b>30</b>	2	120.80	0.2	12.00

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

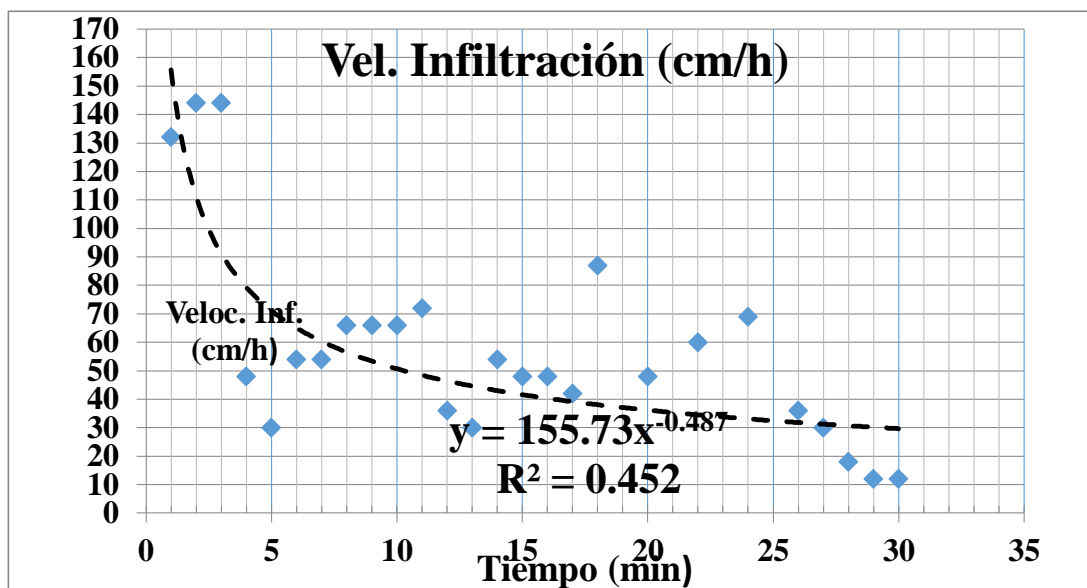


Figura 51: Gráfica de la velocidad de infiltración. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

CUADRO XVIII DATOS DE LA GRÁFICA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DE LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL.

Tiempo(min)	Velocidad de Infiltración (cm/h)
1	132
2	144
3	144
4	48
5	30
6	54
7	54
8	66
9	66
10	66
11	72
12	36
13	30
14	54

15	48
16	48
17	42
18	87
20	48
22	60
24	69
26	36
27	30
28	18
29	12
30	12
<b>Velocidad Infiltración=155.73x<sup>-0.487</sup> cm/h</b>	

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

- **Finca de sistema ganadero convencional**

En esta finca se realizaron dos pruebas de velocidad de infiltración:

**10 de junio de 2018:** donde el volumen inicial fue de 133.0 milímetros, inicialmente los intervalos de lectura eran de un minuto, pero al transcurrir dicho tiempo el suelo no infiltró un solo milímetro. Luego el intervalo se aumentó a 2 minutos y arrojó el mismo resultado. Se siguió aumentando los intervalos a cinco minutos y después de 48 minutos el suelo logró infiltrar dos milímetros, la prueba se continuó hasta alcanzar una hora y tres minutos y luego se detuvo, ya que el suelo no siguió infiltrando agua. (Ver cuadro XIX)

**CUADRO XIX LECTURAS DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN LA FINCA CON GANADERÍA CONVENCIONAL**

$\Delta T$	Tiempo Minutos	Lectura (mm)	$\Delta$ Laminal (cm)	Velocidad de infiltración (cm/h)
	0	133.00		
<b>1</b>	1	133.00	0.00	0
<b>3</b>	2	133.00	0.00	0
<b>8</b>	5	133.00	0.00	0
<b>13</b>	5	133.00	0.00	0
<b>18</b>	5	133.00	0.00	0
<b>23</b>	5	133.00	0.00	0
<b>28</b>	5	133.00	0.00	0
<b>33</b>	5	133.00	0.00	0
<b>38</b>	5	133.00	0.00	0
<b>43</b>	5	133.00	0.00	0
<b>48</b>	5	132.98	0.20	12
<b>53</b>	5	132.98	0.00	0
<b>58</b>	5	132.98	0.00	0
<b>63</b>	5	132.98	0.00	0

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

La segunda prueba se realizó el 5 de octubre de 2018, la prueba tardó una hora y el suelo no logró infiltrar agua.

#### **4.7. Punto de marchitez permanente**

Para la determinación del punto de marchitez permanente se analizaron seis muestras, tres de la finca agro-silvo-pastoril y tres de la finca con sistema de ganadería convencional y se seleccionó solo una de tres de cada finca. (Ver cuadro XIX)

**CUADRO XX DATOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LAS DOS FINCAS PARA DETERMINACIÓN DE PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE**



Finca	# Latita	Peso de la Latita en g	Masa del Suelo	MSH- Peso de la Latita (g)	Masa del suelo seco (g)	MSS - Peso de la Latita (g)
Ganadera Convencional	10	24.98	100.00	75.02	84.08	59.10
Agro-Silvopastoril	7	25.08	101.60	76.52	85.21	60.13

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

Fórmula para determinar el porcentaje de humedad en una muestra de suelo:

$$\% H = \frac{(MASA SUELO HUMEDO - MASA SUELO SECO) \times 100}{MASA SUELO SECO}$$

- **Finca ganadera convencional:**

$$\% H = \frac{75.02 - 59.10 \times 100}{59.10} = 26.93 \% H PMP$$

- **Finca agro-silvo-pastoril:**

$$\% H = \frac{76.52 - 60.13 \times 100}{60.13} = 27.25 \% H PMP$$

#### 4.8. Humedad a capacidad de campo

Se analizó una muestra de suelo para cada finca.

CUADRO XXI DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD A CAPACIDAD DE CAMPO DE LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL Y DE GANADERÍA CONVENCIONAL

Finca	# Latita	Peso de la latita (g)	Masa del Suelo	MSH - Peso de	Masa del suelo	MSS - Peso de
-------	----------	-----------------------	----------------	---------------	----------------	---------------

			Húmedo en gramos	la Latita (g)	seco en gramos	la latita (g)
<b>AGRO-SILVO- PASTORIL</b>	6	25.27	77.38	<b>52.11</b>	55.59	<b>30.32</b>
<b>GANADERA CONVENCIONAL</b>	7	24.93	75.58	<b>50.65</b>	54.24	<b>29.31</b>

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

$$\% H = \frac{(MASA SUELO HUMEDO - MASA SUELO SECO) \times 100}{MASA SUELO SECO}$$

- **Finca agro-silvo-pastoril:**

$$\% H = \frac{52.11 - 30.32 \times 100}{30.32} = 71.86 \% \text{ H PMP}$$

- **Finca ganadera convencional:**

$$\% H = \frac{50.65 - 29.31 \times 100}{29.31} = 72.80 \% \text{ H PMP}$$

#### 4.8.1. Capacidad de retención

Es la cantidad de agua que puede ser absorbida por las plantas para su adecuado crecimiento y se calcula con la diferencia entre los valores de humedad a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

$$CR = CC - PPM$$

- **Finca agro-silvo-pastoril**

$$CR = 71.86\% - 27.25\% = 44.61\%$$

- **Finca de ganadería convencional**

$$CR = 72.80\% - 26.93\% = 45.87\%$$

#### 4.9. Densidad aparente

Fórmula para determinar el volumen de un cilindro:

$$V = \pi (r^2) (h)$$

Fórmula de densidad aparente:

$$D. \text{ Aparente} = \frac{\text{Masa del suelo seco}}{\text{Volumen del Cilindro}} = \text{g/cm}^3$$

- **Sistema agro-silvo-pastoril**

- ✓ Número de latita #5
- ✓ Peso de la latita: 31.31 g
- ✓ Volumen del anillo: 68.89 cm<sup>3</sup> (diámetro 5.5 cm, h 2.9 cm, radio 2.75 cm)
- ✓ Peso del suelo seco + latita: 74.94 g
- ✓ Peso del suelo seco – latita: 43.63 g

$$D. \text{ Aparente} = \frac{43.63g}{68.89 \text{ cm}^3} = 0.63/\text{cm}^3$$

- **Ganadería convencional**

- ✓ Número de latita #12
- ✓ Peso de la latita: 24.95g
- ✓ Volumen del anillo: 77.86 cm<sup>3</sup> (diámetro 5.4 cm, h 3.4 cm, radio 2.7 cm)
- ✓ Peso del suelo seco + latita: 100.84 g
- ✓ Peso del suelo seco – latita: 75.89 g

$$D. \text{ Aparente} = \frac{75.89g}{77.86 \text{ cm}^3} = 0.97/\text{cm}^3$$

#### 4.10. Laboratorio de textura

CUADRO XXII RESULTADOS DEL LABORATORIO DE CLASE TEXTURAL DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL Y DE GANADERÍA CONVENCIONAL

Muestra	Textura % Arena – Limo - Arcilla	Interpretación del Análisis
Sistema Agro-silvo-pastoril	2 – 25 – 73	Arcilla
Ganadería Convencional	1 – 22 – 77	Arcilla

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, F.C.A-Universidad de Panamá, 2018,

#### 4.11. Laboratorio de pH y materia orgánica

CUADRO XXIII RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL Y DE GANADERÍA CONVENCIONAL

Muestra	pH en Agua (1:2.5)	Interpretación del análisis
Sistema Agro-silvo-pastoril	6.51	Poco Ácido
Ganadería Convencional	6.78	Poco ácido

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, F.C.A-Universidad de Panamá, 2018,

CUADRO XXIV RESULTADOS DEL LABORATORIO DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL Y DE GANADERÍA CONVENCIONAL

<b>Muestra</b>	<b>Materia orgánica</b>	<b>Interpretación del análisis</b>	<b>Color del suelo</b>
<b>Sistema agro-silvo-pastoril</b>	5.67	Medio	Chocolate
<b>Ganadería convencional</b>	4.64	Medio	Chocolate oscuro

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, F.C.A-Universidad de Panamá, 2018

#### 4.12. Laboratorio de fertilidad

Se analizó la cantidad en partes por millón de dos macro nutrientes primarios (fósforo, potasio) macro nutrientes secundarios (calcio y magnesio) y de micro nutrientes (hierro, cobre, magnesio y zinc) (Ver cuadro XXV)

CUADRO XXV ANÁLISIS DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE LA FINCA AGROSIVOPASTORIL Y DE GANADERÍA CONVENCIONAL

<b>Muestra</b>	<b>Macronutrientes</b>				<b>Micronutrientes ppm</b>			
	<b>ppm</b>		<b>MEQ/100G</b>		Fe	Cu	Mn	Zn
	P	K	Ca	Mg				
<b>Agro-silvo-pastoril</b>	17	225	78.84	13.42	25	5	90	16
	Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto

<b>Ganadería</b>								
<b>Convencional</b>	5	263	96.27	15.49	45	4	109	8
	Bajo	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	Medio

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, F.C.A-Universidad de Panamá, 2018.

También se hizo análisis de mili equivalentes en 100 gramos de acidez y de aluminio (Ver Cuadro XXVI)

**CUADRO XXVI RESULTADOS DE ACIDEZ Y ALUMINIO DE LA FINCA AGRO-SIVO-PASTORIL Y DE GANADERÍA CONVENCIONAL**

<b>Muestra</b>	<b>Acidez MEQ/100G</b>	<b>Aluminio MEQ/100G</b>
<b>Sistema Agro-silvo-pastoril</b>	0.2	0
	Bajo	Bajo
<b>Ganadería Convencional</b>	0.4	0
	Bajo	Bajo

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, F.C.A-Universidad de Panamá, 2018.

#### **4.13. Avistamiento de fauna**

Producto de las visitas a las fincas durante el inventario forestal y medidas de temperatura, se pudo observar en ambas fincas la interacción de algunos animales con los componentes y productos que ofrecen estos predios a la fauna local.

- **Finca Agro-silvo-pastoril**

Los avistamientos en esta finca se dieron más que todo en el componente agroforestal, que es donde hay mayor diversidad de árboles frutales que ofrecen alimento y refugio (Ver figura 52), no solo a la avifauna local como el perico barbinaranja (*Brotogeris jugularis*), sino que también a mamíferos (Ver cuadro XXVII), anfibios de la familia *Ranidae* y lepidópteros.

Es importante destacar que solo se registró la fauna observada durante las visitas de campo.

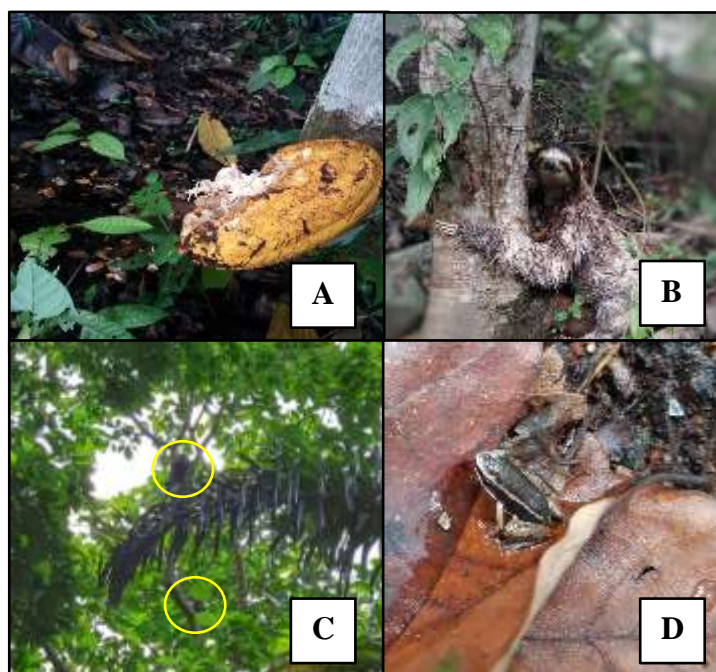


Figura 52: Fauna observada durante las visitas de campo a la finca agro-silvo-pastoril. A: fruto de *Theobroma cacao* consumido por ardillas (*Sciurus granatensis*). B: Perezoso de tres uñas. C: Mono aulladores (*Alovatta palliata*) en árboles de *Persea americana*. D: Rana en la hojarasca. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

#### CUADRO XXVII ESPECIES DE MAMÍFEROS OBSERVADOS EN LA FINCA AGRO-SILVO-PASTORIL EL ROBLECITO

Nombre Común	Nombre Científico	# de Individuos vistos
Ardilla	<i>Sciurus granatensis</i>	2
Gato solo	<i>Nasua nasua</i>	1
Mono Tití	<i>Sanguinus geoffroyi</i>	8
Perezoso	<i>Bradypus variegatus</i>	1
Armadillo	<i>Dasypus spp</i>	1
Mono aullador	<i>Alovatta palliata</i>	5

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

Además de las especies de animales, se observaron en ambas fincas cómo en el suelo participaban otros organismos en los importantes procesos de descomposición de materia orgánica. En la finca de ganadería convencional se observó la formación de setas de hongos en el excremento del ganado bovino (Ver figura 53 A)

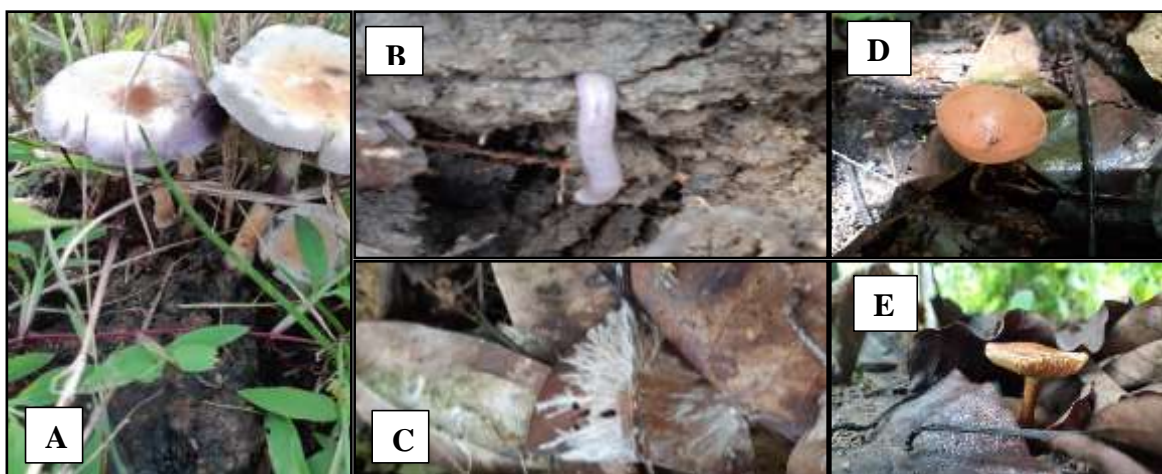


Figura 53 A: se apreció como en las excretas de los animales emergieron setas de hongos.

B: Lombrices que mejora la estructura de los suelos y se sabe que su excremento también



es rico en nutrientes. C: Descomposición de la hojarasca. D-E: Setas de hongos en la hojarasca de sistemas agroforestales y silvopastoriles. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

En la finca agro-silvo-pastoril también se observaron hongos en el excremento animal (Ver figura 53 D-E) y organismos participando en la descomposición de la hojarasca (Figura 53 B), además de lombrices (Figura 53 C).

- **Finca de ganadería convencional**

Esta finca como se describió en el inventario, cuenta con 41 árboles de los cuales el jobo (*Spondias mombin*), la palma corocita (*Elaeis oleifera*) y el guácimo (*Guazuma ulmifolia*) pueden brindar refugio o alimento a aves. Se pudo observar dos especies de aves que mantenían nidos en las palmas de guagara (*Cryosophila guagara*): el pájaro chatero caracará (*Milvalgo chimachima*), pájaro garrapatero (*Crotophaga ani*), ambos se alimentan de ectoparásitos del ganado bovino y también “tropical ting bird” (*Tyrannus melancholicus*) (Ver figura 54)



Figura 54: Nido de tropical kingbird en una palma de *Cryosophila guagara*.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1. Caracterización biofísica**

Las dos fincas evaluadas durante esta investigación son predios pequeños de no más de seis hectáreas (sistema agro-silvo-pastoril: 4.9 hectáreas y sistema ganadero convencional: 5.5 hectáreas), donde se puede observar la aplicación de dos métodos de producción. Uno, desarrollado de manera convencional con la tala y quema de la vegetación, que originalmente existía en el terreno, para el establecimiento de pasturas destinadas a la alimentación de una sola especie, ganado bovino. El segundo modelo, consistió en la integración del recurso árbol y diferentes componentes que diversifican la actividad productiva, donde en un pequeño espacio se pueden producir múltiples beneficios, no solo para el productor, sino también para la conservación de los recursos naturales.

Las fincas se encuentran en cuencas distintas, pero presentan características similares.

Los suelos presentan similitudes físicas y químicas. Ambos de textura arcillosa, con coloración oscura los primeros 30 centímetros y amarilla para las capas más profundas, porcentaje de materia orgánica medio, pero destacan los suelos de la finca agro-silvo-pastoril (5.67 por ciento de materia orgánica) al presentar uno por ciento más de materia orgánica con respecto a la finca de ganadería convencional (4.64 por ciento de materia orgánica), esto gracias a hojarasca que se descompone en el suelo y contribuye en el ciclaje de nutrientes.

La topografía relativamente plana, no mayor de 14 por ciento en las dos fincas y de clase agroecológica cuatro.

Aunque la finca de ganadería convencional presenta mayor superficie el productor solo conservó 41 especies arbóreas, en su mayoría palmas (*Cryosophila guagara*, *Elaeis oleifera*), porque son empleadas en la construcción de techos para ranchos. La finca agro-silvo-pastoril, por otro lado, cuenta con 389 árboles que han sido distribuidos en diferentes componentes con los que cuenta como, por ejemplo: agroforestal, silvopastoril, zoo criadero, apiario, además de medidas de conservación de suelos.

La disponibilidad de agua es mejor para el modelo agro-silvo-pastoril gracias a la captación de agua lluvia en un lago que luego es distribuido a toda la finca por mangueras y es empleado en bebederos para el ganado y riego de cultivos y además de un sistema de cosecha de agua de 1850 litros. El sistema de ganadería convencional depende de una quebrada que pasa por el predio la cual se puede secar ya que no se mantienen los bosques de galería y a un lago artificial que capta agua lluvia.

En cuanto a la producción de ganado bovino la diversidad de árboles le ha brindado beneficios al productor los cuales se pueden enumerar y comparar (Ver Cuadro XXVIII).

**CUADRO XXVIII COMPARACIÓN DE LOS BENEFICIOS QUE OFRECEN LOS ÁRBOLES EN LA PRODUCCIÓN BOVINA EN LAS FINCAS ESTUDIADAS.**

<b>Finca Agro-silvo-pastoril</b>	<b>Finca Con Ganadería Convencional</b>
Árboles que ofrecen sombra al ganado y evitan el estrés hídrico en el animal	La falta de árboles en el predio provoca estrés hídrico lo que afecta la ganancia de peso.
El sistema silvopastoril de la finca cuenta con árboles frutales que enriquecen y mejoran la dieta del animal.	El animal solo cuenta con la asimilación de los nutrientes que obtiene del pasto.

La diversidad de componentes que ha establecido el productor entre ellos forrajes de corte como botón de oro y leucaena, aportan mayor cantidad de proteína cruda a la alimentación del animal.	La dieta animal está basada únicamente de pastos.
Reducción de la pérdida de la capa fértil del suelo por erosión en los sitios de la finca con pendiente, por lo tanto los pastos no requieren de fertilización química gracias a la materia orgánica que aportan los árboles con la descomposición de hojas, frutos y ramas.	Pérdida de suelo por erosión hídrica a falta de raíces que “amarren” el suelo y la falta de vegetación arbórea permite que la gota de lluvia impacte directamente sobre el suelo.
Los árboles maderables pueden ser empleados para la construcción de instalaciones para el ganado como galeras, corrales, postes, reduciendo los costos de producción.	En caso de necesitar madera para alguna construcción el productor deberá comprarla.
La diversidad de especies arbóreas tantos maderables y sobre todo frutales proveen alimento, polen y refugio a otras especies de animales que brindan beneficios en el sistema como polinización, dispersión de semillas importante en el proceso de regeneración natural.	Solo puede ofrecer refugio a algunos tipos de aves, más no alimento a la fauna debido a la poca cantidad de árboles en dicha finca.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2019.

## 5.2. Inventario forestal

La finca agro-silvo-pastoril (389 árboles) cuenta con 347 árboles más que la de ganadería convencional (41 árboles) a pesar de que esta tiene mayor superficie. Estos 389 árboles todos con un beneficio dentro del sistema por lo que se pueden agrupar con diferentes usos ya sea madera, frutos y usos adicionales como el control de erosión, alimento y refugio a aves y otros animales, microclimas para la producción de cultivos que requieren de mucha sombra y también para el ganado.

Los 41 árboles con los que cuenta la finca de ganadería convencional proporcionan pocos usos a la producción pecuaria, porque la mayoría de la vegetación son palmas (*Cryosophila guagara*, *Elaeis oleifera*) que brindan una sombra escasa para el ganado, estas palmas no cuentan con frutos que mejoren la dieta de los bovinos, ni de la fauna, solo cuenta con un árbol que puede ser utilizado por el ganado para el ramoneo que es el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), los dos árboles de roble no representan un potencial maderero para esta finca y cinco árboles de jobo son los que proporcionan alimento a otras especies como aves.

En la finca agro-silvo-pastoril los árboles se encuentran distribuidos en dos componentes, agroforestal (228 árboles más 45 arbustos de borjój y cuatro de cacao) y silvopastoril (160 árboles). Se puede notar que la mayoría de los árboles se ubican en el componente agroforestal, agrupados en 16 familias, lo que comprueba la alta diversidad de especies que tiene esta finca integrados en solo 4.9 hectáreas, que mayor parte de ellos son frutales como aguacate (*Persea americana*) y guanábana (*Annona muricata*), estos están integrados con la producción agrícola., al contar con árboles de distintas especies y tamaños, la densidad de estos, no son un impedimento para la producción siempre y cuando se tenga una distribución espacial adecuada y un buen manejo (podas), estos árboles además de diversificar la producción del propietario, la hojarasca mantiene por más tiempo durante la época seca la humedad en el suelo, las raíces pivotantes absorben los nutrientes que se encuentran en las capas más profundas y los incorporan en la superficie quedando a disposición de los cultivos, evitando la fertilización química. Otro beneficio es la madera que el productor puede obtener. 74 árboles del componente agroforestal con diámetros que van desde los 0.11 metros a 1.24 metros y altura comercial entre dos metros a 13.50 metros, le pueden brindar al productor 28.55 metros cúbicos de madera o 6281.22 pie tablares.

En el sistema silvopastoril combina las pasturas de toledo (*Brachiaria brizantha*), alicia (*Cynodon dactylon*), con los 160 árboles que están distribuidos en 8 mangas. Esta distribución y cantidad de árboles no ha afectado en el crecimiento y calidad de los pastos antes mencionados y no ha tenido afectaciones en el rendimiento de la actividad. Los árboles en este componente se agrupan en 13 familias, 67 son frutales y 83 proporcionan madera, con diámetros que van desde 0.10 metros a 0.65 metros y altura comercial entre 3.00 y 9.20 metros ofrecen 27.35 metros cúbicos o 6,017 pie tabales; es decir que en total de la finca agro-silvo-pastoril se pueden obtener 55.91 metros cúbicos o 12,298.22 pie tablares de maderas valiosas como roble, pino amarillo, espavé, zorro, caoba, cedro entre otros.

### **5.3. Temperatura del aire**

Cercano a la finca agro-silvo-pastoril se encuentra un bosque secundario que ha estado 30 años en descanso, a este también se le realizaron las pruebas de temperatura con el objetivo de conocer que componente o finca se asemeja más en cuanto a grados de temperatura a los sistemas naturales que tienen una mayor cobertura vegetal.

✓ **Febrero:** en este mes el sistema agroforestal presentó la misma temperatura que el bosque secundario (30 °C), el sistema silvopastoril un grado más (31°C) y el ganadero convencional (32 ° C) dos grados más en relación al sistema agroforestal y bosque secundario.

✓ **Marzo** Primera lectura: en esta se refleja como hay un aumento promedio de seis grados de temperatura en ambas fincas, en horas de la tarde. El bosque secundario y el componente agroforestal tienen las lecturas más bajas (25°C), seguido del silvopastoril con (26°C) y la finca ganadero convencional la mayor temperatura (27°C).

Segunda Lectura: la mayor temperatura es la del sistema ganadero convencional (34°C), la cual es tres grados más alta que la del componente agroforestal (31°C) y dos más que el silvopastoril (32°C).

✓ **Abril** Primera lectura: se tomaron los datos a las tres de la tarde. La finca agro-silvo-pastoril con sus dos componentes agroforestal y silvopastoril, tienen la misma temperatura 30 grados Celsius, al igual que el bosque secundario y en la finca de ganadería convencional (31°C) la temperatura solo aumentó un grado con respecto a la otra finca.

Segunda Lectura: El componente agroforestal y bosque secundario registran un descenso de un grado (29°C) con relación a la lectura del 11 de abril, el silvopastoril mantiene la misma temperatura y la ganadería convencional tiene un aumento de un grado (32°C) para esta fecha.

✓ **Mayo** Primera Lectura: el sistema de ganadería convencional (30°C) presenta dos grados más que el bosque secundario (28°C) y el sistema agro-silvo-pastoril (29°C) un grado menos que el convencional.

Segunda Lectura: Se mantiene la temperatura en el componente agroforestal, sin embargo, hay un aumento de un grado para el resto de los sistemas.

✓ **Junio** Primera lectura: la temperatura desciende producto de las lluvias, pero igual el sistema de ganadería convencional sigue teniendo la mayor temperatura en el aire con 28 grados Celsius; en la finca agro-silvo-pastoril la temperatura del aire en sus componentes baja cuatro grados en relación con la última lectura del 25 de mayo.

Segunda Lectura: para el 24 de junio el aumento promedio de la temperatura en las dos fincas fue de 4.5 grados, el bosque secundario es quien tuvo el cambio menos brusco de temperatura con 28 grados Celsius, tres grados más que en la primera lectura (25°C). La



finca de ganadería convencional es quien tiene mayor temperatura para esta fecha con 34 grados Celsius y el componente silvopastoril 32 grados Celsius.

✓ **Julio:** Este mes presentó las lecturas de temperatura del aire más elevadas.

Primera lectura: Se da un aumento de temperatura en las dos fincas. Se registra un alza de tres grados en el sistema convencional (37 grados Celsius).

Segunda lectura: Se dio una baja en la temperatura para las dos fincas. La temperatura de la finca con sistema ganadero convencional baja un grado (36 grados Celsius), el componente agroforestal dos grados con 30 grados Celsius, el silvopastoril 32 grados y el bosque secundario sigue siendo quien mantiene su temperatura más baja al igual que el resto de los meses con 29 grados Celsius.

### **5.3.1. Temperatura promedio**

Como se esperaba, la temperatura fue menor para el sistema o componente con mayor vegetación. Durante los seis meses de la investigación, el bosque secundario registró las temperaturas más bajas, seguido del componente agroforestal con solo 0.5 grados Celsius de diferencia, el silvopastoril con una diferencia de un grado del componente agroforestal y 1.5 grados del bosque secundario y las lecturas más elevadas se registraron en el sistema ganadero convencional con un promedio de 32 grados Celsius. Comprobando que los árboles son capaces de ofrecer un microclima con hasta dos y tres grados Celsius menos, evitando que se den cambios bruscos de temperaturas como consecuencia del cambio climático y ofreciendo mejores condiciones para los ecosistemas circundantes, para la producción bovina y para cultivos como el cacao (*Theobroma cacao*) y borojó (*Borojia patinoi*).

### **5.4. Temperatura del suelo**

En el suelo las temperaturas registradas fueron menores en comparación a las temperaturas del aire.

La mayor temperatura fue registrada en el sistema ganadero convencional con 30.5 grados Celsius en el mes de abril y julio.

✓ **Enero:** solo se realizó una lectura y siguió marcando la tendencia de que el sistema o componente con más vegetación es quien presenta menor temperatura, siendo el bosque secundario el que presenta durante este mes la menor temperatura con 24 grados Celsius y el sistema ganadero convencional la mayor temperatura con 28 grados Celsius.

✓ **Febrero:** Se tomaron dos lecturas en este y en los próximos meses. Se observó que para finales del mes (24 de febrero) todos los sistemas, excepto el sistema agroforestal, tuvieron un aumento de dos grados Celsius en relación con la primera lectura, la cual se realizó el 6 de febrero. Esto debido a que la primera lectura fue realizada en horas de la mañana y la segunda durante horas de la tarde.

✓ **Marzo:** para la lectura del 24 de marzo, las temperaturas ascendieron en todos los componentes. El sistema de ganadería convencional registró 30 grados Celsius. El bosque secundario mantiene su temperatura de 27 grados Celsius en las dos lecturas del mes de marzo.

✓ **Abril:** en la primera lectura del 11 de abril, las temperaturas aumentaron un grado Celsius en relación con la última lectura del mes de marzo.

El sistema ganadero convencional alcanzó la mayor temperatura registrada durante la investigación (30.5 grados Celsius). El 27 de abril, las temperaturas descendieron dos grados en el componente agroforestal (26 grados Celsius), silvopastoril (27 grados Celsius)

y bosque secundario (26 grados Celsius). El sistema ganadero convencional quien registró 30.50 grados Celsius en la primera lectura, bajó en la segunda 1.5 grados.

✓ **Mayo:** la primera lectura de mayo presentó un aumento de un grado en el sistema agroforestal, los demás componentes mantuvieron su temperatura, pero en la segunda lectura todos los sistemas evaluados incrementaron un grado Celsius. Siendo el sistema ganadero convencional quien presentó mayor temperatura con 30 grados Celsius y el de menor el bosque secundario con 27 grados Celsius. El componente agroforestal y silvopastoril registraron 28 grados Celsius.

✓ **Junio:** en la primera lectura este mes los componentes agroforestal y silvopastoril igualaron su temperatura con 27 grados Celsius, el sistema ganadero convencional redujo de 30 grados que se registraron el 25 de mayo a 28.8 grados. Para el 24 de junio la temperatura fue similar a la primera lectura del mes.

✓ **Julio:** Todos los componentes y el bosque secundario no presentaron mayor cambio de temperatura, pero el sistema ganadero convencional quien registró nuevamente 30.5 grados Celsius, que es la mayor temperatura que presentó el suelo durante la investigación y solo se registró el 11 de abril y el 8 de julio de 2018. Para la segunda lectura descendieron para el sistema ganadero convencional a 28.2 grados Celsius.

#### **5.4.1. Temperatura promedio**

El bosque secundario presentó menores temperaturas durante los meses de la investigación esto gracias a la hojarasca y vegetación que cubre el suelo y evita la entrada directa de los rayos del sol a la superficie reduciendo la evaporación del agua de los poros del suelo y manteniendo la humedad en el mismo, por esta razón las temperaturas son inferiores en el bosque secundario, componente agroforestal y silvopastoril. Las temperaturas promedio

del suelo del componente agroforestal (26.8 grados Celsius) son las que más se asemejaron al sistema natural de bosque secundario (26.60 grados Celsius), seguido del sistema silvopastoril quien presentó un grado con 27.40 grados Celsius y el sistema ganadero convencional presentó 1.8 grados Celsius más que el componente agroforestal y 1.2 grados más que el componente silvopastoril, registrando durante los siete meses una temperatura promedio de 28.60 grados Celsius.

### **5.5. Humedad relativa**

La humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura ambiente, puesto que, a mayor temperatura del aire, menos humedad se encontrará en el mismo.

Los componentes que cuentan con árboles garantizarán que la humedad en el aire sea mayor, pues como ya se demostró, que bajo los árboles podremos encontrar una diferencia de hasta tres grados Celsius menos en comparación con los sistemas que están mayormente expuestos a la luz directa del sol.

- **Bosque secundario:** Este fue capaz de mantener mayor humedad relativa en el entorno durante los seis meses, en donde el menor porcentaje de humedad en el aire fue de 61 por ciento para el mes de febrero, pero durante el resto de los meses (de marzo a julio), la humedad no disminuyó de 73 por ciento (Ver Figura 55).

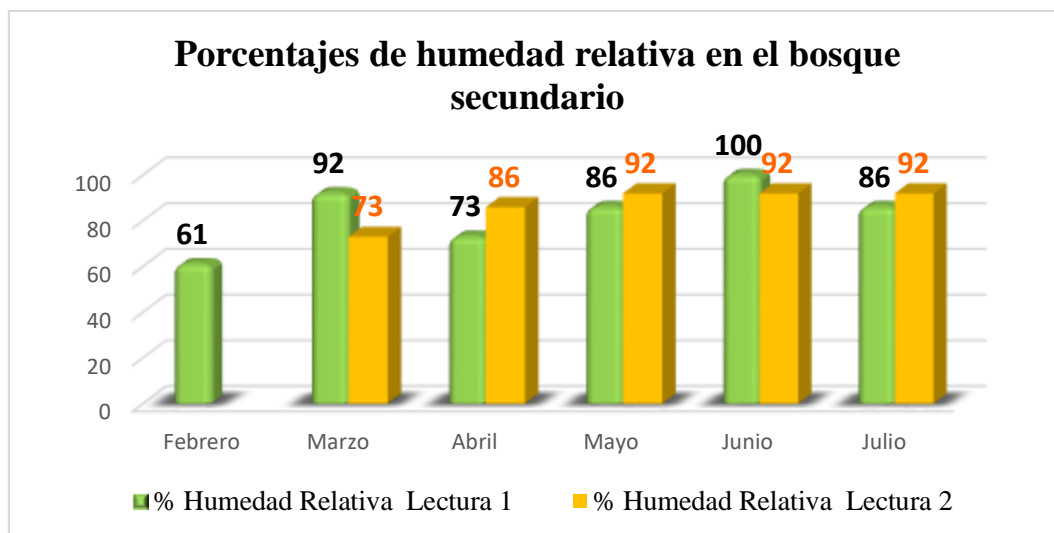


Figura 55: comportamiento de la humedad relativa en el bosque secundario estudiado. Es alta la humedad que puede registrar un sistema natural con vegetación abundante, acompañado de temperaturas agradables de hasta 25 grados Celsius

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.

- Componente agroforestal:** Los meses que presentaron menor humedad en este componente fueron los dos primeros: febrero y marzo. Aunque la primera lectura de este último resultó en un 92 por ciento de humedad relativa, esto se debió a que se realizó a las ocho de la mañana, se observó cómo en la segunda (67 por ciento) la humedad fue similar a la que presentó febrero (66 por ciento). Por otro lado, el mes más húmedo fue junio quien presentó 100 por ciento de humedad en la primera lectura y 86 en la segunda, a pesar de que ambas se realizaron a la una de la tarde. El resto de los meses la humedad se mantuvo entre los 73 a 100 por ciento de humedad, con un promedio de 81 por ciento de la misma (Ver figura 56).

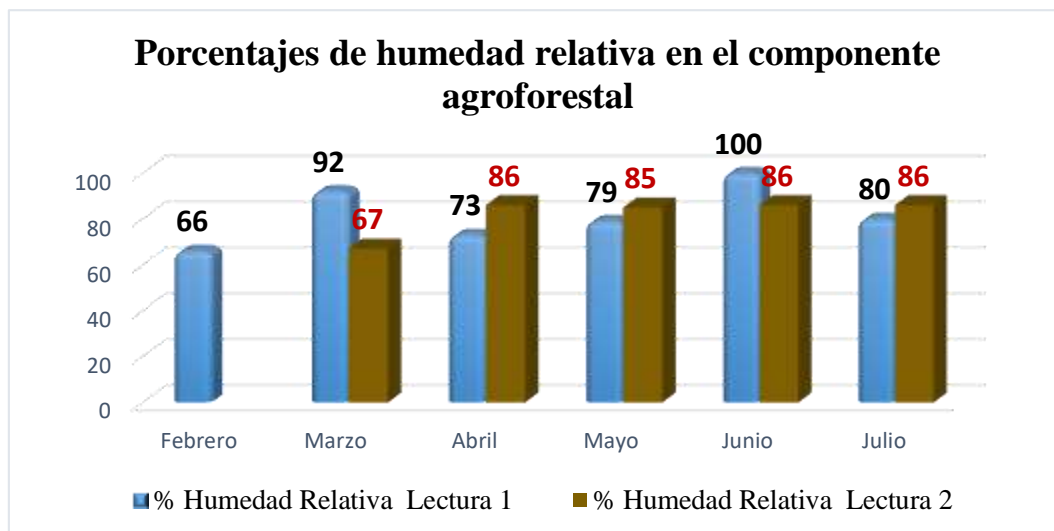


Figura 56: Comportamiento de la humedad relativa durante los seis meses de investigación.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2019.

- **Componente silvopastoril:** En la lectura de febrero este componente presentó la menor humedad relativa (56 por ciento) en comparación con el resto de los sistemas.

Las lecturas de humedad del mes de abril y mayo son similares a las del componente agroforestal y al igual que en dicho componente, los meses menos húmedos fueron febrero (56 por ciento) y marzo (62 por ciento de humedad) (Ver figura 57).

- **Sistema ganadero convencional:** este resultó el sistema que menor humedad presentó en el aire, con lecturas tan bajas de 50 por ciento de humedad relativa durante el mes de marzo. El mes con menor humedad fue julio con porcentajes de humedad de 65 en la primera lectura y 59 en la segunda (Ver figura 58), que fue donde se presentaron las mayores temperaturas de aire.

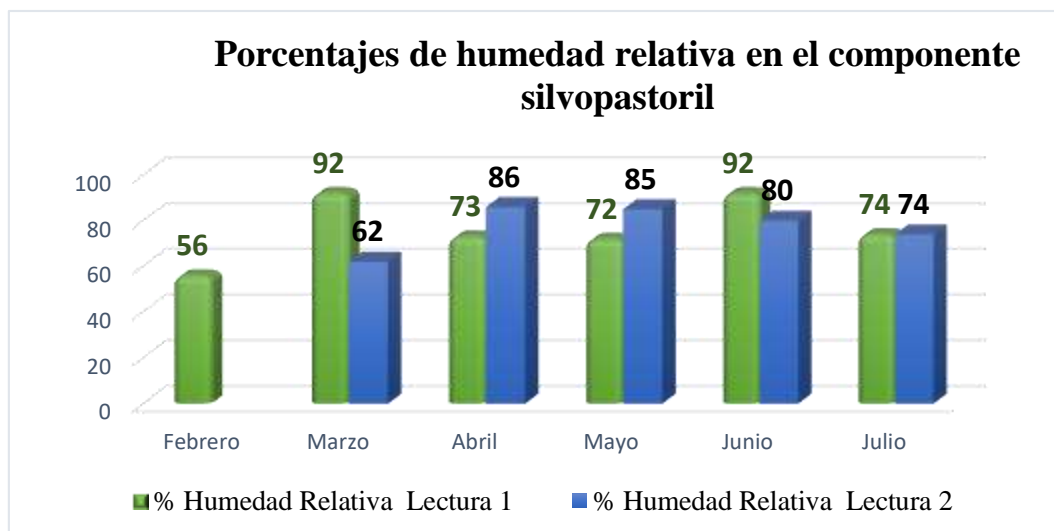


Figura 57: Porcentajes de humedad relativa en la primera y segunda lectura desde febrero a julio. Fuente: Katerine Rodríguez, 2019.

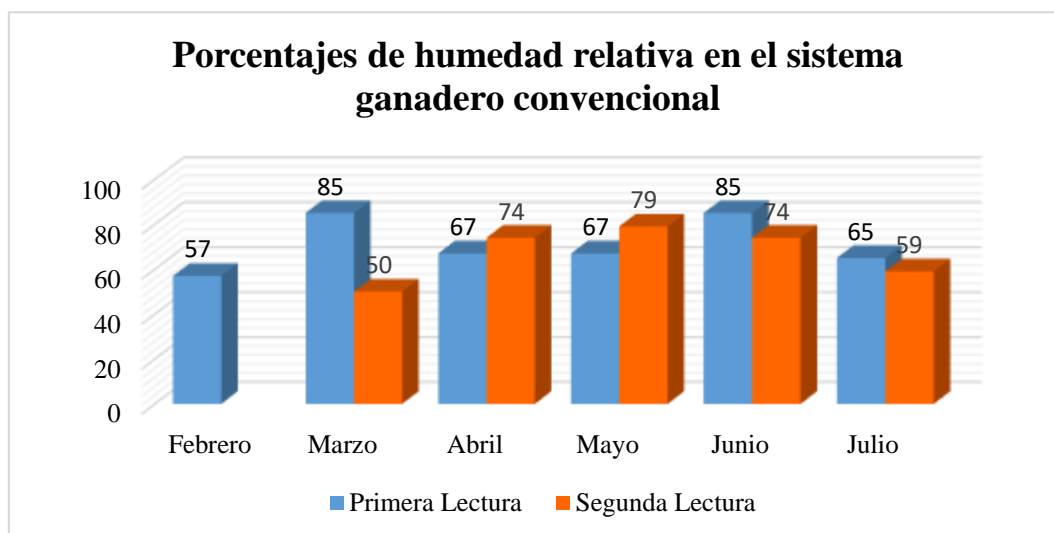


Figura 58: Los porcentajes de humedad relativa en este sistema fueron los más bajos comparados con el resto de los componentes analizados, con lecturas de hasta 50 por ciento de humedad relativa. Fuente: Katerine Rodríguez, 2019.

## **5.6. Velocidad de infiltración**

- **Finca agro-silvo-pastoril**

Estos suelos arcillosos encontrados en Sansoncito presentan una alta tasa de infiltración de agua, puesto que presentan porcentajes medios de materia orgánica (5.67 por ciento), profundidad mayor de 60 centímetros y no se encuentran compactados por el pisoteo animal.

La velocidad de infiltración fue de  $155.73 \times 10^{-487}$  cm/h, donde, en los intervalos de un minuto, el suelo lograba infiltrar hasta 2.40 centímetros.

- **Finca de ganadería convencional**

Esta finca se encuentra sometida constantemente al pisoteo animal, su sistema sin árboles y sin división del predio en mangas, le permiten al animal caminar libremente por todo el predio, lo que no favorece la regeneración del pasto. Estas condiciones han reducido el potencial de infiltración de agua en el suelo, tanto así, que en las dos pruebas realizadas no se consiguió infiltrar más de tres milímetros de agua en 63 minutos que duró la prueba.

## **5.7. Punto de marchitez permanente y capacidad de campo**

Los suelos analizados de la finca agro-silvo-pastoril las plantas alcanzan su punto de marchitez permanente al tener un 27.25 por ciento de humedad, mientras que la finca con ganadería convencional logra el marchitamiento total de las plantas con un 26.93 por ciento de humedad. Por otro lado, la capacidad de campo de esta última finca es mayor por un 0.94 por ciento más que en la finca agro-silvo-pastoril.



La capacidad de retención del agua también fue mayor para la finca ganadero convencional, porque, estos suelos presentan mayor porcentaje de arcilla.

La capacidad de retener agua en ambos sistemas es alta y esto se debe principalmente a la textura, ya que ambos son suelos arcillosos bien estructurados.

### **5.8. Densidad aparente**

La densidad aparente fue baja para ambos suelos analizados, pero mucho más en la finca agro-silvo-pastoril donde la densidad aparente resultó en un 0.63 gramos por centímetro cúbico, lo que también significa que estos suelos son altamente porosos, lo que facilita el movimiento y crecimiento de las raíces de los cultivos. Por otro lado, aunque los suelos de la finca de sistema ganadero convencional no presentan una densidad aparente elevada, si se puede reflejar en su resultado como la compactación por el tipo de manejo en el pastoreo del ganado bovino ha influenciado en el aumento de la densidad aparente.

### **5.9. Laboratorios**

Los suelos de las fincas analizadas físicamente son similares, pero los resultados de los análisis de suelo reflejan sus diferencias químicas.

5.9.1. **Textura:** ambos suelos con textura arcillosa, lo que explica su alta retención de agua y difícil circulación de la misma. Pudimos notar que en la finca con sistema ganadero convencional la circulación de agua en el suelo se ha visto afectada por la compactación, producto del pisoteo animal, reflejando resultados negativos en la prueba de velocidad de infiltración. Con este tipo de textura estos suelos presentan una cohesión elevada, consistencia plástica cuando está mojado y consistencia dura cuando el suelo está seco, es por ello que, durante la época seca, el suelo tiende a agrietarse.

5.9.2. **pH:** los suelos estudiados presentan pH cercanos a la neutralidad. 6.51 para la finca agro-silvo-pastoril y 6.78 para la finca con ganadería convencional. La poca acidez (poca presencia del ion hidrógeno y de aluminio) influye directamente la disponibilidad de elementos para las plantas. La mayoría de los cultivos exigen un pH óptimo del suelo que está en el rango de seis a 7.5, y es a ese pH que la mayoría de los nutrientes están solubles y disponibles para los cultivos.

5.9.3. **Macro y micro nutrientes:** en el caso de los macro nutrientes primarios, el potasio fue alto para ambas fincas, pero hay más partes por millón de fósforo en los suelos en la finca agro-silvo-pastoril (17 partes por millón), esta cantidad media de fósforo estará disponible y soluble para las plantas puesto que el rango de pH óptimo para que el fósforo pueda ser absorbido por las plantas es de 6 a 7.5. Los macro nutrientes secundarios, calcio y magnesio se encuentran altamente presentes en los suelos de las dos fincas estudiadas, pero en mayor cantidad en la finca ganadero convencional debido a su geología con formación topaliza en la que se encuentran formaciones sedimentarias como calizas.

Los micronutrientes como el hierro y manganeso, la finca con sistema ganadero convencional presentó valores más alto que la finca agro-silvo-pastoril, pero esta última finca presentó entonces, mayores valores en elementos como cobre y zinc.

5.9.4. **Materia orgánica:** aunque ambas fincas presentaron porcentajes de materia orgánica medio, los suelos de la finca agro-silvo-pastoril es quien tiene el valor más alto con 5.67 por ciento. Es entonces donde se puede distinguir los beneficios de la descomposición de restos biológicos de animales y vegetales los cuales son sintetizados por organismos como bacterias, las cuales, realizan el proceso de humificación. La materia

orgánica es un importante constituyente del suelo e influye de manera positiva en la productividad del suelo ya que suministra nutrientes esenciales que requieren las plantas.

**6. CONCLUSIONES** Después de haber cuantificado los datos obtenidos de los indicadores en dos fincas estudiadas, modelo agro-silvo-pastoril y convencional, se puede determinar que la primera finca, cuenta con condiciones que le permitirán minimizar los impactos del cambio climático. Lo expuesto a lo largo de este trabajo permite llegar las siguientes conclusiones:

Es posible establecer en una superficie no mayor de cinco hectáreas diferentes componentes que brinden una diversidad de beneficios y productos, no solo para el productor sino también para el ambiente en general.

La presencia de árboles en los sistemas productivos puede reducir hasta tres grados Celsius la temperatura, disminuyendo la evapotranspiración en los cultivos, el estrés hídrico en los pastos y ganado.

Los componentes silvopastoril y agroforestal mantienen porcentajes mayores de humedad relativa hasta de un 11 por ciento más que la finca ganadero convencional.

Una de las problemáticas con el avance de la frontera agrícola, ha sido la deforestación, que incluye además la pérdida de flora y fauna, los sistemas agroforestales favorecen el aumento de la biodiversidad, ya que sus múltiples estratos de árboles maderables y frutales como aguacate (*Persea americana*), guanábana (*Annona muricata*) y guayaba (*Psidium guajava*), brindan además de alimento, refugio a mamíferos como el mono aullador (*Aloatta palliata*) y el perezoso de tres uñas (*Bradypus variegatus*), sin interferir o provocar mermas en las cosechas del productor. Los sistemas de producción convencional que mantienen en su gran mayoría la cobertura de pastos solo pueden albergar algunas especies de aves y el ganado bovino.

Los sistemas agroforestales mejoran la cantidad y calidad de los alimentos para los animales. Árboles frutales de mango, mamey, forrajeros como leucaena, brindan, a través de sus follajes y frutos, variación en la dieta del ganado y no lo vuelve dependiente únicamente de los pastos, que suelen verse más afectados por los aumentos de temperatura.

En un día soleado los árboles son capaces de mantener mayor humedad relativa bajo sus copas de hasta de un 81 por ciento, mientras que el ganadero convencional 69 por ciento. Esto quiere decir que el componente arbóreo ayuda a reducir en el estrato bajo, ya sea pastos o cultivos, la evapotranspiración para regular la temperatura en un día soleado, evita que las estomas se cierren y las plantas puedan absorber más dióxido, de carbono el cual es necesario en la fotosíntesis.

El cambio climático está asociado al aumento de los gases de efecto invernadero. La producción agro-silvo-pastoril tiene mayor potencial de fijación de dióxido de carbono y, aunque no se calculó durante esta investigación, se sabe que estos sistemas con varios estratos tienen una capacidad significativamente mayor que cualquier monocultivo de pastos.

Los sistemas diversificados (incluyen varios componentes, agrícola, forestal y pecuario), le ofrecen al productor múltiples rubros de los diferentes componentes, evitando que sus ingresos sean dependientes de un solo producto. La finca agro-silvo-pasotril puede proveer ingresos del ganado (carne, leche), cultivos como tomate (*Solanum lycopersicum*), plátano (*Musa spp*) y frutales como aguacate (*Persea americana*), borjój (*Borojoa patinoi*) y además de 55.90 metros cúbicos de madera proveniente árboles como caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro espino (*Bombacopsis quinata*), cedro amargo (*Cedrela odorata*) y

pino amarillo (*Chloroleucon mangense*), En caso de mermas en un área de su finca, se podrá nivelar los ingresos con los productos obtenidos de otra unidad productiva.

## **7. RECOMENDACIONES**

- La agricultura es un sector muy vulnerable a los impactos del cambio climático, por ello, es recomendable empezar con una reconversión de las prácticas productivas convencionales, a unas más sostenibles. La inclusión de árboles puede hacer la diferencia y mejorar la producción agrícola y pecuaria, los ingresos de productor y además contribuye a mejorar la situación del ambiente en general.
- Esta investigación pretende contribuir a divulgación de los beneficios que tienen los sistemas agroforestales ante el cambio climático.
- La finca agro-silvo-pastoril ya tenía sus componentes establecidos durante esta investigación, pero en el caso de la reconversión de sistemas tradicionales a agroforestales o silvopastoriles, se puede mejorar la densidad de árboles en la finca.
- Realizar una evaluación del comportamiento de los sistemas agro-silvo-pastoriles versus una finca de producción convencional, durante un año niño para determinar la resiliencia ante fenómenos extremos.
- Para evidenciar mejor los beneficios de los sistemas agroforestales se pueden incluir otros indicadores como estabilidad de los agregados, análisis de nitrógeno en el suelo, conteo detallado de la diversidad de fauna, compactación (método del penetrómetro).

## 8. REFERENCIAS CITADAS

Altieri, M., & Nicholls, C. (2004). Agroecología y Resiliencia al Cambio Climático: Principios y Consideraciones Metodológicas. Retrieved from <https://revistas.um.es> article download PDF Resultados de la Web agro-ecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones. Revistas UM

Autoridad Nacional del Ambiente. (2010). Atlas Ambiental De La República de Panamá..27,29,31,33,37 p.

Autoridad Nacional del Ambiente 2007. *Política Nacional de Cambio Climático*. (2007) (pp. 8,11). Panamá.

Autoridad Nacional del Ambiente 2009. *Política Nacional Forestal*. (2009) (pp 13,15,16,18,19,21)

Bravo, N., & Espinosa, O. (2008). *Finca El Roblecito Una experiencia familiar de producción sostenible* (1st ed., pp. 5,6). Cali, Colombia: Fernando Uribe T.

Cambio Climático. (2011). Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.sumarse.org.pa/wp-content/uploads/2015/08/SUMARSE-Doc.-CambioClim%25C3%25A1tico .pdf&ved=2ahUKEwjq](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.sumarse.org.pa/wp-content/uploads/2015/08/SUMARSE-Doc.-CambioClim%25C3%25A1tico.pdf&ved=2ahUKEwjq). (Consulta 24 de octubre 2018).



Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC. (2009). (En línea)  
<https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/> (Consulta 20 de octubre 2018)

Decreto Ejecutivo N° 37 de 3 de junio de 2009, 'POR EL CUAL SE APRUEBA LA POLITICA NACIONAL FORESTAL, SUS PRINCIPIOS, OBJETIVOS Y LINEAS DE ACCION'. (2009). Disponible en: <https://vlex.com.pa/vid/forestal-principios-objetivos-lineas-58787752>. (Consulta 13 de Agosto 2018).

Doctor Carlos Him.2018. Manual de Hidrología Aplicada.

Easterling WE, Aggarwal PK, Batima P, Brander KM, Erda L, Howden SM, Kirilenko A, Morton J, Soussana JF, Schmidhuber J, Tubiello FN. 2007. Food, fibre and forest products. En Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Parry ML *et al*, eds). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 273-313 pp.

Farrell, J., & Altieri, M. *Sistemas Agroforestales* [Ebook] (pp. 230-243).

Fernández, M. (2013). *Efectos del Cambio Climático en la Producción y Rendimiento de Cultivos por Sectores* [Ebook]. Retrieved from

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos%2Bdel%2BCambio%2BClimatico>

Holt-Gimenez, E. 1996. The campesino a campesino movement: farmer-led, sustainable agriculture in Central America and Mexico, in: Food First Development Report No. 10, Oakland, Institute of Food and Development Policy.

Informe Stern sobre Economía del Cambio Climático. (2006). Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/453/435&ved=2ahUKEwjwh7ycjoPhAhVEGt8KHdrQBAUQFjABegQIAhAB&usg=AOvVaw1LFnnOwtrpZeHrJHagqtG1>. (Consulta 12 de octubre 2018).

IPCC, 2007. Climate Change 2007. Synthesis report. Consultado 5 de diciembre 2018. Disponible en: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/syr/ar4_syr.pdf)

Ley 24 de 23 de noviembre de 1992. “Por la cual se establecen Incentivos y reglamenta la Actividad de Reforestación en la República de Panamá”. Artículo 2. (G.O. 22,172 de 27 de noviembre de 1992)

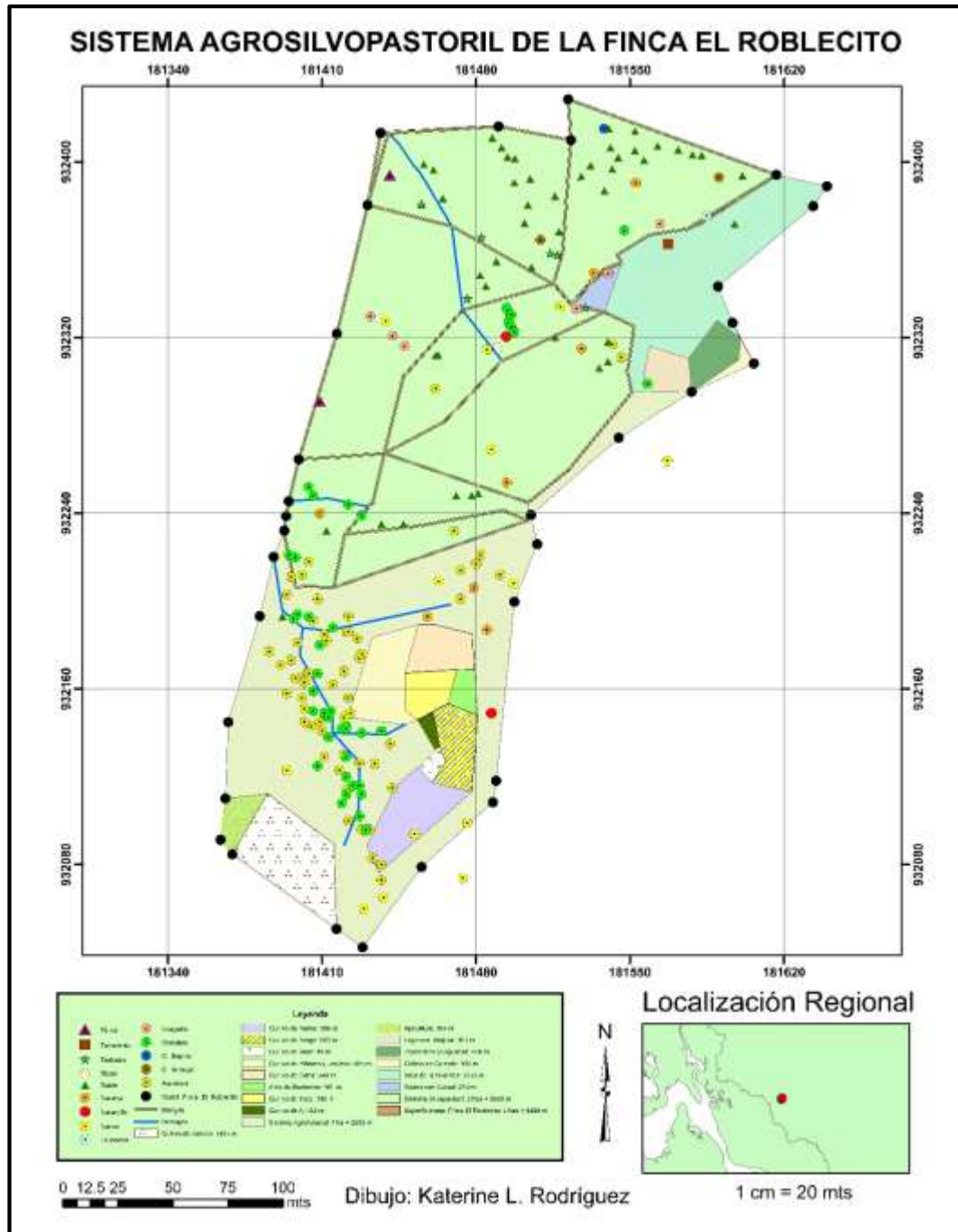
Murgueitio Restrepo, E., & Ibrahim, M. (2009). *Ganadería Del Futuro Investigación Para El Desarrollo* (pp. 21, 22). Cali, Colombia: Enrique Murgueitio Restrepo, César Cuartas Cardona, Juan Naranjo.

Programa de Evaluación de los Recursos Forestales, 2004. Inventario Forestal Nacional. Manual de Campo. Guatemala. Consultado el 18 de febrero de 2019. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org). (Consulta 12 de octubre 2018).

Resolución AG-0770-2004 de 24 de diciembre de 2004. “Que reglamenta la cubicación de madera y fija el margen de tolerancia para los volúmenes de tala que se autoricen mediante permisos, concesiones, u otras autorizaciones de aprovechamiento forestal”(G.O. 25,222 de 21 de enero de 2005)

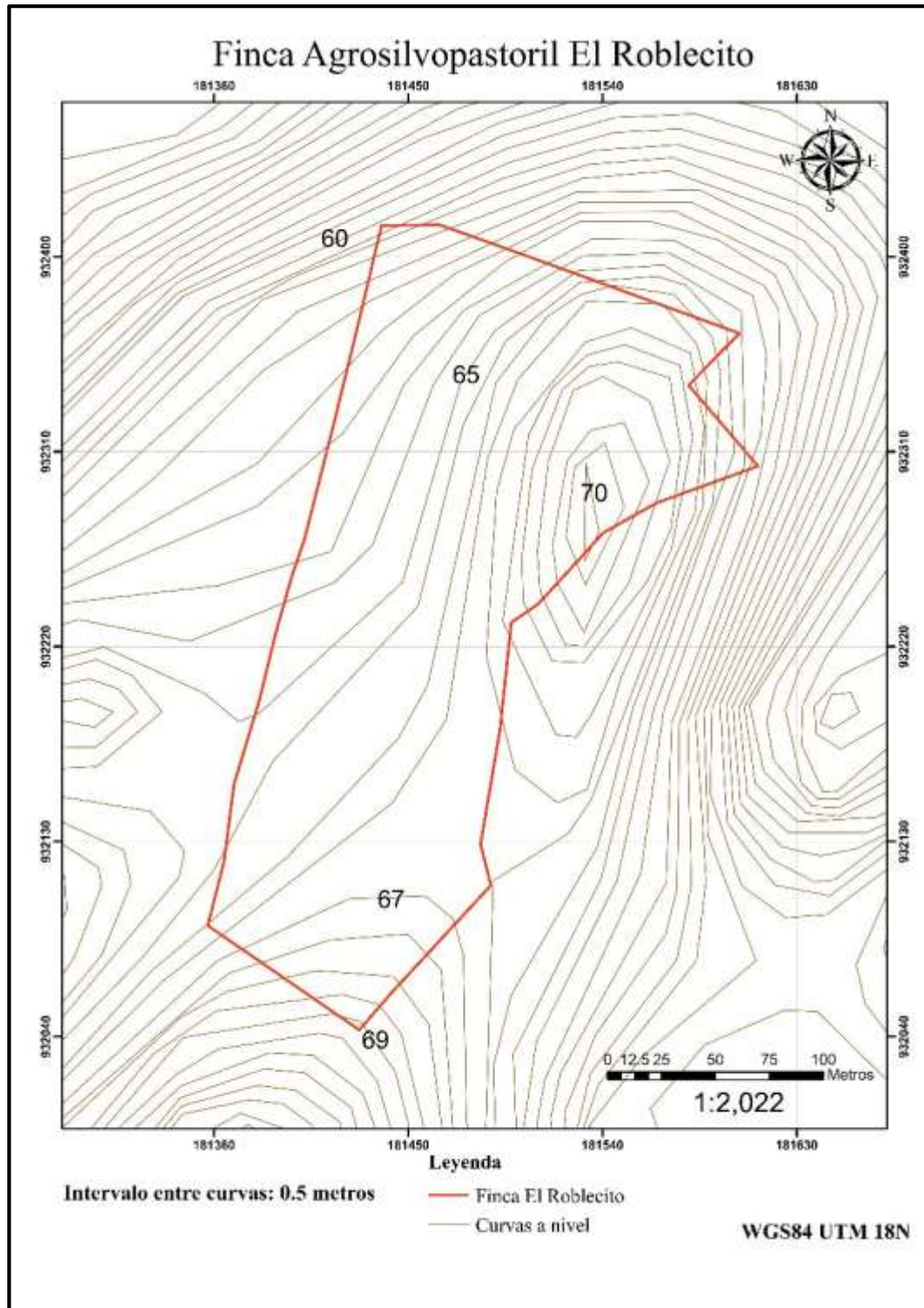
Tarté Ponce, Rodrigo. 2012. *Analfabetismo Ecológico: El Conocimiento de Tiempos de Crisis*. Primera Edición. Ciudad de Panamá. 46-78 p.

ANEXOS



Anexo 1: Distribución de todos los árboles inventariados en la finca agro-silvo-pastoral.

Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.



Anexo 2: Mapa de curvas de nivel en la finca agro-silvo-pastoril, donde se puede observar que la mayor elevación 70 metros, que justamente donde se ubica el lago artificial en el que se capta agua lluvia. Fuente: Katerine Rodríguez, 2018.