

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE**



**“Caracterización de los árboles de leguminosas genero Inga y
evaluación de sus beneficios al usarse en la sombra de café en la
finca agroecológica La Esperanza, Santa Ana”**

**Por
Ronald José Raúl Martínez Molina**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE**



**“Caracterización de los árboles de leguminosas genero Inga y
evaluación de sus beneficios al usarse en la sombra de café en la
finca agroecológica La Esperanza, Santa Ana”**

**Por
Ronald José Raúl Martínez Molina**

**Requisito para obtener el título:
Ingeniero Agrónomo**

Ciudad Universitaria, Mayo 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

SECRETARIO GENERAL

Lic. Pedro Rosalío Escobar

FACULTADA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

Ing. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado

SECRETARIO

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Geovany Reyes Melara

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE**

Ing. M.Sc. José Mauricio Tejada Asensio

DOCENTE ASESOR

Ing. PhD Miguel Ángel Hernández Martínez

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

Ing. Agr. Juan Gerardo Marroquín Reina

AGRADECIMIENTOS

Primero a mis padres por su apoyo moral y económico durante mi etapa como estudiante, por siempre confiar en mí y mis capacidades.

Agradezco a todos los catedráticos de quienes tuve la oportunidad de recibir clases y principalmente a mis asesores de tesina, Ing. Agr. M. Sc. José Mauricio Tejada y PhD. Miguel Ángel Hernández, por brindar sus conocimientos y paciencia a lo largo de mis estudios y sobre todo durante el desarrollo de la siguiente tesina.

A mis compañeros y amigos por formar parte de una época única de mi vida y por brindarme su aprecio, amistad y camaradería en las diferentes etapas que desarrolle en nuestra querida Universidad de El Salvador.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	2
3. Objetivos	3
4. Estado del arte	4
5. Revisión de literatura	10
5.1 Historia del café en El Salvador	10
5.2 Taxonomía	10
5.3 La sombra y su efecto	11
6. Metodología	15
6.1. Descripción del lugar de estudio	15
6.2. Materiales, instrumentos y equipo de la investigación	18
6.3. Metodología de oficina	19
6.4. Metodología de campo	20
7. Análisis de resultados	22
a. Caracterización de Ingas y su aporte de materia Orgánica	24
b. Consulta a los productores de café de la zona	26
8. Conclusiones	28
9. Bibliografía	29
10. Anexos	31

RESUMEN

En esta investigación se caracterizó los árboles del género *Inga* que se usan para sombra de café en la finca agroecológica La Esperanza, para identificar sus aportes y beneficios al cultivo de café. Son muchas las ventajas que la sombra otorga a la caficultura, en el caso hídrico, según Méndez 2005, apunta a que los sistemas agroforestales, entre ellos el café con sombra, pueden jugar un papel importante para mejorar la conservación y provisión de agua en los paisajes rurales. En los estudios de café, resalta la importancia de los árboles de sombra, los cuales le dan características estructurales al agroecosistema que se asocian a la conservación de suelos y agua; por ejemplo, al mitigar la fuerza de las gotas de lluvia en el suelo y al actuar como barrera contra la erosión. El café es de vital importancia mundial ya que según Panhuysen y Pierrot 2014, se cultiva en más de 80 países, de Latinoamérica, África y Asia; adicionalmente, el café se encuentra entre los productos agrícolas más valiosos del mundo. El cultivo del café proporciona medios de subsistencia a entre 20 a 25 millones de familias campesinas, e involucra a más de 100 millones de personas en su producción y procesamiento. En El Salvador según Gonzales et al 2016, cada 60 minutos el bosque cafetalero enriquece los mantos acuíferos con 715 metros cúbicos de agua, de los cuales se conserva el 70.0%, es decir que cada 60 minutos los cafetales aportan a los mantos acuíferos 500.5 metros cúbicos de agua, estos aportes son los que le dan al cultivo de café bajo sombra una importancia vital para nuestro país y por ello nace la necesidad de caracterizar especies como los *Inga*, ya que son de los más utilizados a nivel nacional.

1 INTRODUCCIÓN

Las zonas cafetaleras en El Salvador aportan servicios ambientales muy importantes como la protección de los mantos acuíferos, la infiltración de las aguas lluvias, la protección del suelo y de especies animales y vegetales. La importancia económica de este cultivo ha disminuido con respecto a las décadas pasadas, pero con un ambiente cada vez más deteriorado y con familias que aun dependen de su explotación, principalmente en las zonas agrícolas, el café sigue siendo de vital importancia, desde el punto de vista ambiental, social, económico y cultural.

Los cafetales de nuestro territorio se cultivan con sombra y tienen una gran ventaja con respecto a otras explotaciones agrícolas, si se maneja la sombra se puede maximizar los efectos de esta sobre el cultivo y contar con un manejo más orgánico, algo que se vuelve muy importante si se considera la necesidad de hacer cultivos resilientes a los cambios que introduce en nuestro entorno el calentamiento global, además de cumplir una mejor función a la hora de dar contribuciones ambientales al entorno y a la población. Esta investigación pretende caracterizar las especies de leguminosas utilizadas en la finca agroecológica La Esperanza, resulta una especie muy adaptada y utilizada por los cafetaleros a nivel nacional, conocer sus características y los beneficios que aporta al cafetal ayudara a tener mejores recomendaciones para el manejo de estas especies en su uso como sombra para el café.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el país el bosque fue sustituido por el cultivo de café, en la actualidad, este ocupa hoy áreas muy importantes que brindan refugio a especies animales y vegetales, además protegen y ayudan en la recarga de los mantos acuíferos. Las modificaciones generadas por la transformación del bosque en áreas de cultivo se reflejan en la destrucción o la redistribución de los recursos genéticos, variación en el reciclaje de los nutrientes, exposición del suelo a la erosión, alteraciones en el ciclo hidrológico por cambios en los ciclos de energía y en la compactación del suelo, y aparición de plagas y enfermedades. La instalación del parque cafetalero modificó el ecosistema, sin embargo, la disminución de este representa hoy en día un riesgo aun mayor para el medioambiente, mantenerlo en un sistema bajo sombra es necesario para conservar la poca biodiversidad y servicios ambientales que esta nos brinda.

Según PROCAFE 2003 y Lagos 2013, señalan que los ingas son ocupados como sombra perenne en los cafetales. UICN 2004, señala la importancia que los cafetales con sombra juegan en la infiltración y retención de humedad en los paisajes rurales por ende nace la interrogante:

“La caracterización de los árboles de leguminosas del género inga y la evaluación de sus beneficios al usarse como sombra en los cafetales nos daría un mejor conocimiento de otros aportes que estos generan al cultivo agroecológico del cafetal”.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Caracterizar las especies de Ingas que se utilizan para sombra de café en la finca agroecológica La Esperanza.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar las características de las especies de Ingas que son utilizados para sombra de café en la finca La Esperanza y determinar cuáles son los mejores ejemplares y que brindan las características más idóneas para la sombra en café.
- Evaluar los Inga utilizados como sombra en la Finca la Esperanza según las cualidades propias de la especie y las necesidades del productor.

4 ESTADO DEL ARTE

El rango ideal de temperatura para el cultivo de café está entre los 15 y los 24°C para el *Coffea arabica* y de 24 y 30°C para el *Coffea canephora*. Aunque el Robusta puede florecer en condiciones más cálidas y secas esta variedad no tolera temperaturas por debajo de 15°C, como si lo resiste el Arábica por períodos cortos. Por otra parte, el café Robusta se cultiva desde el nivel del mar hasta los 800 metros, mientras que el Arábica florece a mayor altitud y con frecuencia se cultiva en las zonas montañosas. El cultivo de café necesita una precipitación anual de 1500-3000 mm El patrón de los períodos lluviosos y secos es importante para el crecimiento, brotación y floración. Una combinación de períodos de alta temperatura, el tiempo seco y lluvias fuertes ha estimulado brotes de roya (ICO 2013, citado por Panhuysen y Pierrot 2014).

Según PROCAFE (2003), la sombra en café tiene las siguientes ventajas:

- Regula la luz y la temperatura que entra en el cafetal, protege al suelo de la erosión y a los cafetos del viento, evita deshidratación, mejora la fertilidad del suelo y disminuye el crecimiento de malezas
- Alarga la vida útil de las plantas, proporciona ingresos extra al productor, disminuye el uso de agroquímicos, genera empleo, mejora la calidad de la bebida.
- Contribuye a la preservación de mantos acuíferos, abriga animales nativos y migratorios, protege la biodiversidad del cafetal, favorece el microclima y disminuye la evaporación del agua del suelo, mejora su reserva durante la época seca.

Desde que se introdujo el cafeto a El Salvador se ha cultivado bajo condiciones de sombra, haciéndose uso de diferentes tipos, de acuerdo con la etapa de

desarrollo del cultivo, lo que ha dado lugar a que se clasifiquen en sombra temporal, semi permanente y permanente (PROCAFE 2003).

Según PROCAFE (2003), la sombra reduce en el cafeto la actividad fotosintética al interceptar la incidencia directa de la luz, lo que da la pauta para regular dicha intensidad con la poda adecuada para ayudar también en el manejo de plagas y enfermedades.

Según PROCAFE (2003), se usan 4 especies de *Ingas*:

- *Inga sapindoides* (Nacaspilo)
- *Inga vera* (Pepeto de río)
- *Inga ruiziana* (Pepeto negro)
- *Inga punctata* (Pepeto peludo)

Según Jaramillo y Chávez (1999), diferentes investigadores han encontrado que la conversión de un bosque en un cultivo intensivo produce alteraciones negativas en el suelo y en el microclima en los siguientes aspectos:

En el ciclo hidrológico.

- Disminución de la interceptación por la vegetación.
- Disminución en la retención y en el movimiento del agua en el suelo.
- Disminución en la toma de agua por las plantas en el subsuelo en profundidades mayores de 50cm.
- Incremento en la escorrentía.

En el microclima.

- Incremento en la amplitud de la temperatura.
- Disminución en la humedad relativa.
- Incremento en la radiación incidente en la superficie del suelo.
- En el balance de energía.
- Incremento en la fluctuación de la temperatura del suelo.

Modificaciones en la flora y en la fauna del suelo.

- Disminución de la actividad biológica (macro y microorganismos), especialmente lombrices.
- Cambios de vegetación de plantas de hoja ancha a pastos, y de plantas perennes a plantas anuales.

Ante esto Jaramillo y Chávez (1999), desarrollaron una investigación sobre el comportamiento del ciclo hídrico en el bosque, cafetal con sombra de *Inga sp.* y café sin sombra, presentando resultados en base a cómo se comporta la interceptación de la lluvia, lluvia efectiva, escorrentía y retención de humedad en el suelo. Para el caso de la interceptación tanto el bosque como el cafetal con sombra son los que más mm de lluvia interceptan, el dato importante de esto es que esta es agua que retorna a la atmósfera por medio de la evaporación por lo cual le permite tanto al cafetal como al bosque tener un mejor manejo del microclima y de la humedad relativa en las áreas que cubren; la lluvia efectiva es la porción que no queda en el follaje y llega hasta el suelo, en el caso del cafetal con sombra esta represento un valor menor al del bosque y al del café sin sombra, por ende los que tienen mayores valores están más expuestos a las corrientes y a la erosión por lluvia, en el caso específico de la escorrentía ninguno presento diferencias significativas. Por último, tenemos el punto más importante, la retención de humedad en el suelo para el café con

sombra y el sin sombra, a continuación, se presentan dos gráficos con los resultados para dos profundidades en el suelo.

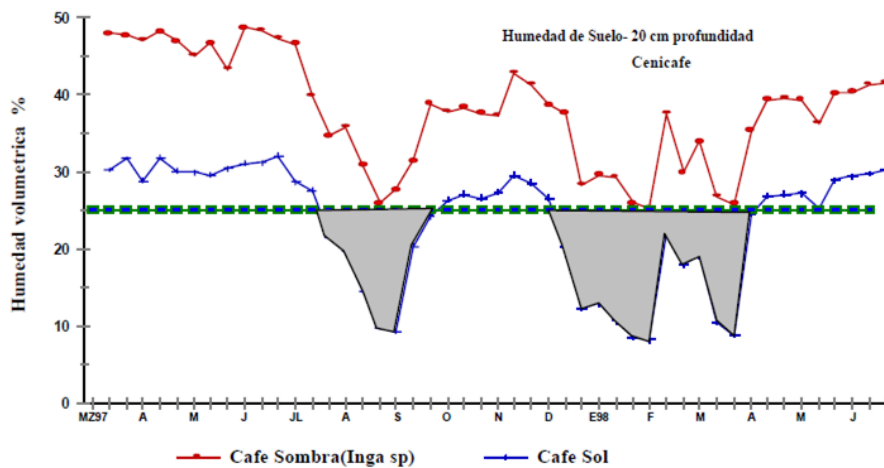


Figura 1. humedad de suelo a 20 cm de profundidad (Fuente: tomado de Jaramillo y Chávez 1999:104)

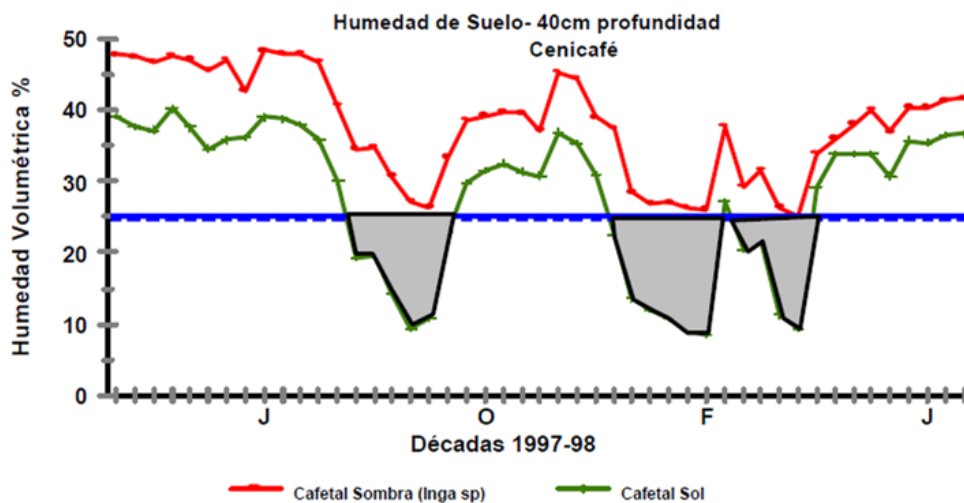


Figura 2. humedad de suelo a 40 cm de profundidad (Fuente: tomado de Jaramillo y Chávez 1999:104).

Los dos gráficos muestran la relación que tiene la sombra con la retención de humedad en el suelo y demuestran la importancia de esta en el tema hídrico en el café, algo muy importante en la resiliencia de este cultivo para su adaptación al cambio climático que está castigando a las fincas cafetaleras de todo el mundo.

Según Gonzales et al. (2016), el único bosque con que cuenta El Salvador es el bosque cafetalero, gracias a que el sistema de cultivo utiliza aproximadamente 11.0 millones de árboles de sombra, que sirven para proteger aproximadamente 626.5 millones de cafetos que aportan contribuciones ambientales como:

- Regular el clima.
- Recargar mantos acuíferos.
- Prevención de la erosión, formación y mejoramiento del suelo.
- Reciclados de nutrientes.
- Control biológico.
- Recursos genéticos.
- Refugio de especies.
- Producción de alimentos y materias primas.
- Belleza escénica, recreación y cultura.
- Los cafetales salvadoreños mantienen una reserva de 32.2 millones de toneladas de carbono, con una fijación de 13,178 toneladas de dióxido de carbono por día.

Cada 60 minutos el bosque cafetalero enriquece los mantos acuíferos con 715 metros cúbicos de agua, de los cuales se conserva el 70.0%, es decir que cada 60 minutos los cafetales aportan a los mantos acuíferos 500.5 metros cúbicos

de agua. La sombra también reduce la actividad fotosintética del cafeto, al interceptar la incidencia directa de luz, lo que da la pauta para regular las cosechas con el ajuste de su intensidad mediante prácticas adecuadas de poda, de igual forma la regulación, adecuada de la sombra ayuda minimizar el efecto de algunas actividades y plagas.

Méndez (2005), numerosas investigaciones analizan el potencial de conservación de la biodiversidad animal y vegetal en los cafetales con sombra. Mucha de la discusión sobre la biodiversidad y café se centra sobre la influencia del tipo y número de árboles de sombra en las plantaciones. En esta línea, Moguel y Toledo, citado por Méndez (2005), introdujeron una clasificación de los distintos tipos de cafetales con base a las características de su dosel de árboles de sombra. La tesis de estos autores afirma que conforme el cafetal tenga más especies de árboles del bosque, éste tendrá un mayor potencial de conservar la biodiversidad. Sin embargo, este argumento ha sido cuestionado por investigadores que apuntan a la influencia del manejo de los cafetales sobre los niveles de la biodiversidad presentes. Por ejemplo, Guadarrama-Zugasti, citado por Méndez 2005 encontró que el uso de herbicidas y otros plaguicidas afecta en gran manera la biodiversidad de insectos y plantas herbáceos en los cafetales de Huatusco, México.

Gonzales, citado por Méndez (2005), señalan que los estudios realizados a la fecha son consistentes en mostrar que la conservación de la biodiversidad de insectos se reduce aceleradamente al transformar un bosque a un cafetal y que continúa decreciendo conforme se reduce la diversidad y abundancia de árboles. Por ejemplo, Nestel, citado por Méndez (2005), mostró una considerable reducción de especies de macrocoleópteros en café a pleno sol comparado con café con sombra. La importancia de estos estudios es que los insectos pueden servir muchas veces como indicadores generales de la biodiversidad y son relativamente fáciles de monitorear.

5 REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Historia del café en El Salvador

Según Cuadras y López 2020, el período de introducción del cultivo del café a El Salvador entre los años 1779 y 1796, según la historia, las primeras plantas se encontraron en los terrenos de dos campesinos de Ahuachapán, quienes a su vez habían obtenido la semilla en Jutiapa Guatemala. Para el siglo 19 se establecieron beneficios fiscales a los que se dedicaran al cultivos y que tuviesen parcelas ubicadas a más de 5,000 pies de altura sobre el nivel del mar, políticas como el tratado comercial con Estados Unidos en 1,853 garantizaron un mercado para el café salvadoreño, en la década de los 30 y los cuarenta se fomentan créditos que ayudaron a que en los 50 se diera la modernización de la caficultura en el país, mejores manejos en las podas de la sombra, fertilización y aumento de la densidad de cafetos por manzana ayudan a un mayor rendimiento, el mejor precio del café a nivel mundial también ayuda en esta nueva década, variedades como el Bourbon son más utilizadas a nivel nacional.

5.2 Taxonomía

Según Lagos (2013), los ingas son de la familia de las mimosáceas, estas tienen hojas compuestas, generalmente bipinnadas, con estípulas y pulvínulo; alternas. A veces las estípulas son espinosas (ixcanal y espino blanco). Las flores son actinomorfas, hermafroditas, pequeñas y reunidas en inflorescencias capituliformes.

Según Lagos 2013, son tres las especies del género *Inga* presentes en el país, *Inga paterna*, *Inga preusii* y *Inga spuria*; paterno, cujin y pepeto,

respectivamente. Estas especies son utilizadas como sombra en los cafetales, la pulpa del paterno y cujin son comestibles, la semilla de paterno cocida también lo es.

5.3 La sombra y su efecto

Estudios realizados señalan que el sombrío genera una mejora en la calidad del grano debido a la presencia de componentes bioquímicos que acentúan las características positivas a la tasa entre ellos la materia grasa y sacarosa relacionados con una bebida de mejor cuerpo acidez, aroma y sabor, contrario a la tasa asociada con altas concentraciones de cafeína, ácido clorogénico y trigonelina que resulta en una bebida con sabor amargo (Lara, citado por Hernández 2018).

Según Mosquera *et al.* (1999) la fotorrespiración es considerada la principal vía competitiva de la fotosíntesis, debido a que se lleva a cabo en presencia de luz. Se ha estimado que entre el 25-50% del dióxido de carbono fijado es de nuevo liberado por este proceso a la atmósfera y se generan gastos adicionales de energía, agua y nitrógeno. Se comparó la actividad fotorrespiratoria de Coffea arabica L. cvs. Caturra, Colombia y el híbrido interespecífico Híbrido de Timor, con la del frijol común Phaseolus vulgaris L. (C3) y maíz, Zea mays L. (C4). En café, la mayor actividad fotosintética se obtuvo a los 25°C (Cuadro 1) (11,7; 10,9 y 5,4 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) en las variedades Colombia, Caturra e H. de Timor, respectivamente. A 35°C la fotorrespiración fue mayor tanto en café y en frijol, mientras en maíz no hubo incremento en la fotorrespiración lo cual se tradujo en mayores tasas fotosintéticas al aumentar la temperatura. La respiración mitocondrial en presencia de luz se determinó con la ayuda del inhibidor fotosintético DCMU a 25°C. Valores similares se obtuvieron para café, e inferiores que para frijol y maíz. Los resultados indican que la fotosíntesis en las hojas del cafeto

presenta un comportamiento típico de plantas con metabolismo fotosintético C3.

Mosquera *et al.* (1999), señala en su investigación que la temperatura y la concentración de CO₂ son factores ambientales que afectan procesos como la fotosíntesis, la fotorrespiración y la respiración mitocondrial. La fotosíntesis es el principal proceso en la producción de materia orgánica vegetal y paralelo a éste, ocurre el proceso respiratorio que afecta el balance de carbono y la acumulación de materia orgánica. La respiración consta de dos componentes: la respiración mitocondrial, proceso independiente de la luz y mediante la cual se libera la energía almacenada en los carbohidratos producidos durante la fotosíntesis, y la fotorrespiración, que es dependiente de la luz y compite con la fotosíntesis, provocando una disminución hasta de un 50% de los productos fotosintéticos. Esta última es utilizada para el crecimiento y mantenimiento de la planta. La función de la fotorrespiración no es clara, sin embargo, actúa como un mecanismo protector liberando la energía fotoquímica para proteger a la hoja de la fotooxidación.

En las plantas de café y de frijol la fotorrespiración se incrementó con la temperatura, debido a que se reduce la afinidad de la enzima Ribulosa 1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa (Rubisco) por el CO₂ y aumenta la tasa de difusión y la afinidad por el oxígeno. Las temperaturas elevadas también provocan aumento en la pérdida de agua, cierre de estomas y reducción en la disponibilidad de CO₂ (Mosquera *et al* 1999).

En plantas de café en ausencia de DCMU (inhibidor fotosintético) la fotosíntesis fue mayor en horas de la mañana (Grafico 3). La mayor tasa de fotosíntesis se presentó hacia las 10:00 horas, con un valor promedio entre 8 y 10 $\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^2\text{ s}^{-1}$ entre las 13:00 y 14:00 horas la actividad disminuyó hasta 2,5 $\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$; luego hacia las 16:00 horas aumentó hasta 3 y

4 $\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$. La disminución en las tasas, al medio día, está asociada con un aumento en el déficit de presión de vapor de aire (VPD) y la temperatura de la hoja que ocasiona el cierre de los estomas y el incremento en la resistencia estomatal (Mosquera *et al* 1999).

Cuadro 1. Valores de fotorrespiración y fotosíntesis neta (PN) [$\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$], en *Coffea arabica* L. cvs. Caturra, Colombia, Híbrido de Timor, en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en maíz (*Zea mays*). Cenicafé citado por Mosquera *et al.* (1999).

Genotipo	Fotorrespiración [$\mu\text{mol(CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$]			Fotosíntesis Neta (P_N) [$\mu\text{mol(CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$]		
	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C
Caturra	0,27±0,13	0,88±0,15	1,54±0,50	5,2±0,4	10,9±0,5	5,2±0,2
H. Timor	1,30±0,15	1,42±0,11	1,93±0,44	5,0±0,5	5,4±0,3	4,9±0,7
Colombia	0,29±0,19	0,63±0,13	0,93±0,33	5,3±0,4	11,7±0,6	5,5±0,5
Frijol	1,23±0,42	1,64±0,39	2,76±0,17	10,6±0,4	11,0±1,0	12,8±1,5
Maíz	0,10±0,13	0,10±0,23	0,10±0,24	5,3±1,1	18,6±0,4	23,5±1,0

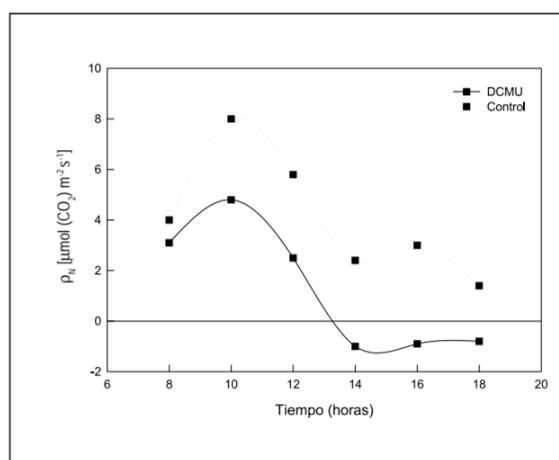


Figura 3. Fotosíntesis neta (PN) en hojas de café (*Coffea arabica* L.) cv. Colombia, con y sin el inhibidor fotosintético DCMU (Mosquera *et al.* 1999).

Cuadro 2. Temperaturas mínimas, máximas y oscilación térmica registradas en cafetal a la sombra y a plena exposición solar en el periodo de noviembre 1982 a octubre de 1983.

	PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		INVIERNO	
	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL
TEMPERATURA MAXIMA °C	22.1	29.9	21.8	29.8	17.2	25.4	16.3	22.8
TEMPERATURA MINIMA °C	13.6	12.5	16	14.6	11.5	10.6	9.5	8.3
OSCILACIÓN TERMICA °C	8.5	17.4	5.8	15.2	5.7	14.8	6.8	14.5

Fuente: Barradas y Fanjul (1984).

6 METODOLOGÍA.

6.1 Descripción del lugar de estudio.

Finca Agroecológica La Esperanza tiene una extensión de 15 manzanas, está ubicada sobre la Carretera Panamericana kilómetro 58.2, en el municipio de Santa Ana, departamento de Santa Ana, El Salvador, con coordenadas 13°56'38.74" N, 89°33'07.78" O, tiene una altura que va desde los 780 a los 860 msnm (figura 4).

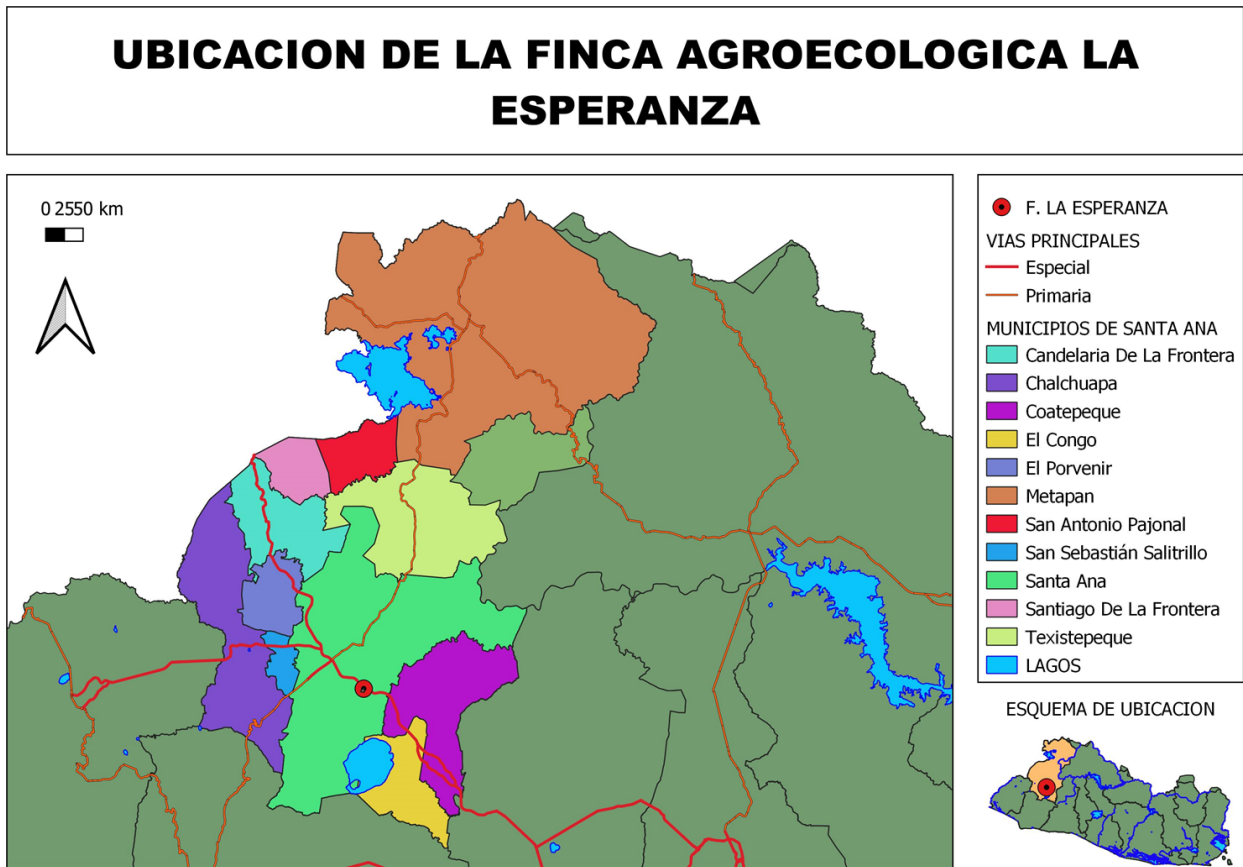


Figura 4. Mapa de ubicación geográfica de la finca Agroecológica La Esperanza.

MAPA AGROECOLOGICO FINCA AGROECOLOGICA LA ESPERANZA

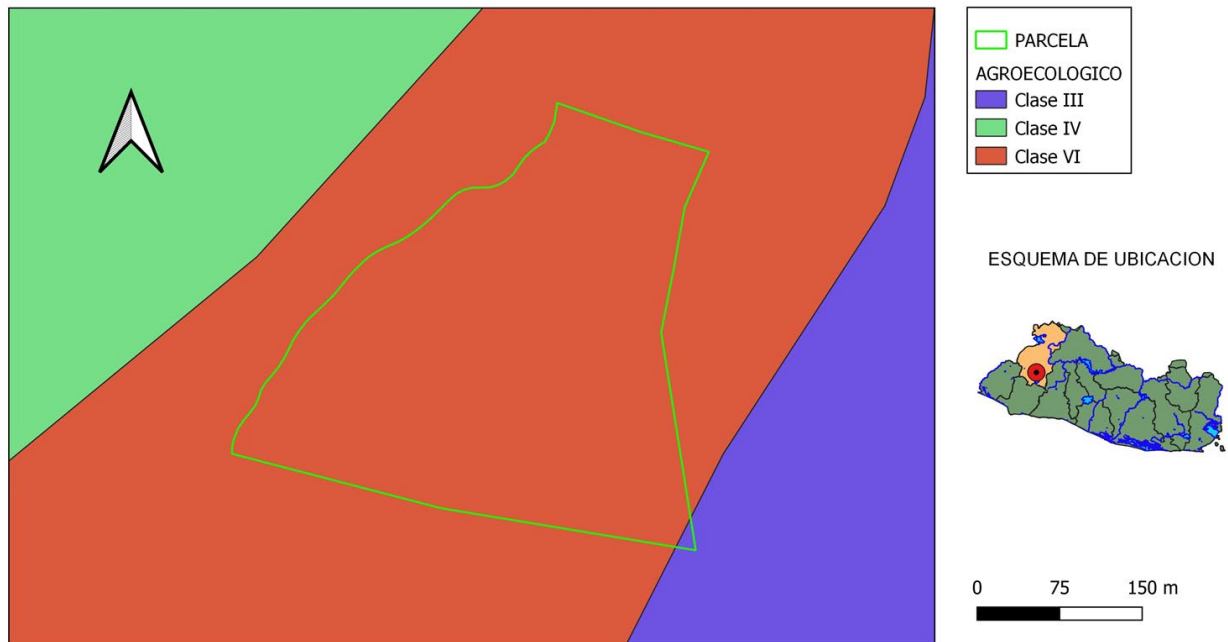


Figura 5. Mapa Agroecológica de la Finca Agroecológica La Esperanza.

En su inmensa mayoría como nos muestra la figura 5, se evidencia que la finca cuenta con suelos de clase VI, los cuales según OEA 1978, son suelos que presentan limitaciones severas que los hacen generalmente inapropiados para llevar a cabo, en forma normal cultivos de carácter intensivo. Los problemas o deficiencias más importantes que presentan están vinculados a condiciones edáficas como profundidad efectiva limitada, presencia de grava, fertilidad natural generalmente baja, y a características topográficas desfavorables, por consiguiente, susceptibles a la erosión.

La capacidad productiva de esta clase de tierras puede ser mantenida y mejorada mediante la fijación de cultivos exclusivamente de carácter

permanente y la aplicación de prácticas de conservación en base a cultivos de cobertura, plantaciones en curvas a nivel y al tres bolillos, también con terrazas del tipo escalonado. Además, se deberá establecer un programa de abono, tanto mineral como orgánico, que completaría el cuadro de manejo para este tipo de tierras (OEA 1978).

MAPA PEDOLOGICO FINCA AGROECOLOGICA LA ESPERANZA



Figura 6. Mapa pedológico de la finca agroecológica La Esperanza.

Latosoles arcillo - rojizos: Suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas (figura 6). Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo, aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación. La textura superficial es franco arcilloso y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro, aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión. La fertilidad puede ser alta en terrenos protegidos

pudiendo utilizar maquinaria agrícola cuando la pendiente es moderada. Son suelos aptos para casi todos los cultivos (MAG 2012).

Andisoles: Suelos originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país, tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular. Su capacidad de producción es de alta a muy alta productividad, según la topografía son aptos para una agricultura intensiva mecanizada para toda clase de cultivos (MAG 2012).

La figura 6, presenta que la mayoría de los suelos de la finca son Andisoles, suelos provenientes de cenizas volcánicas, y una pequeña parte son arcillosos, pesados, plásticos y de difícil penetración de la raíz.

6.2 Materiales, instrumentos y equipo de la investigación.

Se desarrolló una investigación exploratoria con visitas a campo para la toma de datos y su posterior análisis, también se elaboró una encuesta para recolectar la opinión de cafetaleros de la zona sobre las especies que utilizan para sombra en sus cafetales, el manejo que les dan, la importancia que ellos perciben desde su punto de vista de la sombra en el café y los beneficios que da al cultivo o a la finca. Esto ayuda a saber que tan utilizados son los Ingas sp. como sombra de café en el sector occidental del país y si los caficultores perciben ventajas y ventajas para su cultivo (A1).

En la finca se desarrollaron mediciones y muestreo para las cuales se utilizaron:

- Luxímetro
- Termómetro infrarrojo de superficies
- Cinta métrica
- Bolsas de arropa para muestras
- Libreta de apuntes
- GPS (localización de puntos de muestreo)

Para el desarrollo del muestreo se utilizó una malla de puntos superpuesta sobre el área que ocupa la Finca, esto en el programa QGIS 3.18.2, para obtener un muestreo aleatorio y con puntos específicos.

6.3 Metodología de oficina.

Utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), y la base de datos del perímetro de la finca agroecológica La Esperanza se generaron puntos de muestreo por medio del programa QGIS, fueron 19 puntos de muestra, de los cuales se descartó 2, ya que al pasar estos puntos a kmz y superponerlos en Google Earth dichos puntos estaban sobre el casco y zonas no cubiertas por café, se descartaron puntos para desarrollar la toma de datos de forma más eficiente y se dejaron 8 para la toma de muestras y mediciones, al estar el punto ubicado de manera aleatoria estos suelen caer sobre puntos sin árboles o con árboles de otras especies, siendo nuestro objetivo los ingas en particular, se acordó un radio de muestreo de 10 m a la redonda del punto y caracterizar dos *Ingas sp.* por punto.

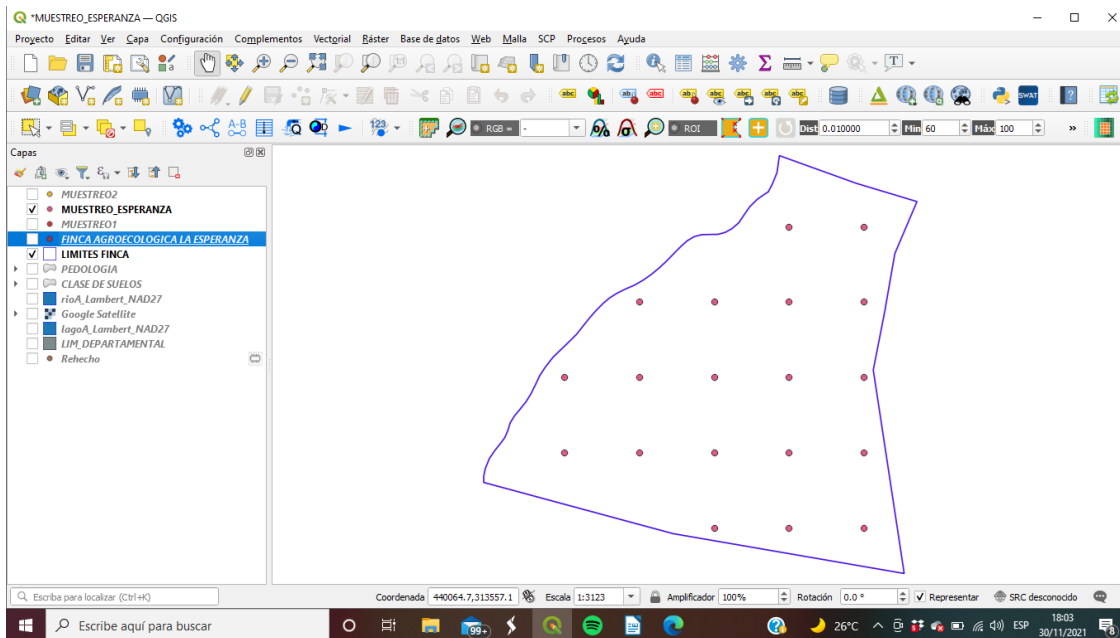


Figura 7. Desarrollo de puntos de muestreo en el software QGIS en la Finca Agroecológica La Esperanza.

6.4 Metodología de campo.

Los datos tomados en campo fueron los siguientes:

Temperatura de hoja (°C): se tomaron 4 cafetos por punto y se midió la temperatura de una de sus hojas de las bandolas más elevadas, para poder obtener la temperatura promedio de hojas.

Intensidad de luz (Lux): utilizando el luxímetro se midió la intensidad de la radiación de forma aleatoria bajo la sombra de los árboles *Inga sp.*, se tomaron 2 lecturas de las cuales se sacó un promedio.

Materia orgánica (Kg): para estimar la cantidad de materia orgánica producida por el árbol y los cafetos a su alrededor, se midió un área de un metro cuadrado, se recolectó la hojarasca y restos de ramas, luego se pesó, al

multiplicar por el área de la sombra de cada árbol se determinó un estimado de la materia orgánica producida.

Diámetro de copa: este se estimó midiendo con cinta métrica durante el medio día mientras el sol estaba en su cenit el diámetro de la sombra, este dato posteriormente se utilizará para el cálculo del área de sombra.

Altura del árbol: se utilizó una cuerda con gancho para lanzarse hacia la copa buscando que esta llegara al punto más alto posible, se colocó un extremo al nivel de donde se encuentra la base del árbol buscando formar un ángulo de 90° , se marcó y luego se realizó la medición con cinta métrica desde el gancho hasta la marca para tener un estimado de la altura.

De los 19 puntos totales descartamos el que quedo sobre el casco de la finca y se consideraron 18, de estos se tomó muestra de 8 puntos, los cuales se detallan a continuación (figura 8).



Figura 8. Distribución en la finca de los 8 puntos a caracterizar.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

a. Análisis de la Radiación y temperatura de las hojas

La temperatura de la hoja es un factor importante ya que el café tiene un óptimo de su fotosíntesis, según la bibliografía en los rangos que rondan los 25 °C y en rangos cercanos a 15 °C y 35 °C, esta tiende a bajar y la fotorrespiración tiende a subir, la sombra nos ayuda con la regulación de la temperatura en las horas más críticas del día, cuando el sol está en el cenit, cafetos que se encuentran sin sombra presentaron temperaturas cercanas o superiores a los 35 °C.

Cuadro 3. Radiación (Lux) y temperatura (°C) en los 8 puntos de muestreo de La Finca Agroecológica La Esperanza.

PUNTOS	SOMBRA		SIN SOMBRA	
	LUX	T HOJA (°C)	LUX	T HOJA (°C)
3	1200	23.2	65535	33.3
5	1086	26.3	65535	33.2
6	2700	26.5	65535	34.7
8	21760	26	65535	35.37
11	25000	25.5	65535	32.2
13	18000	26.5	65535	35.2
16	22080	26.9	65535	37.3
18	30000	27.1	65535	36

*las lecturas se desarrollaron entre las 10 am y la 1 pm.

Los cafetos que recibían sol directo (65,535 Lux), son los que mostraron las temperaturas de hojas superiores, los puntos monitoreados que contaban con sombra presentaron una menor lectura de Lux y una temperatura más moderada de la hoja.

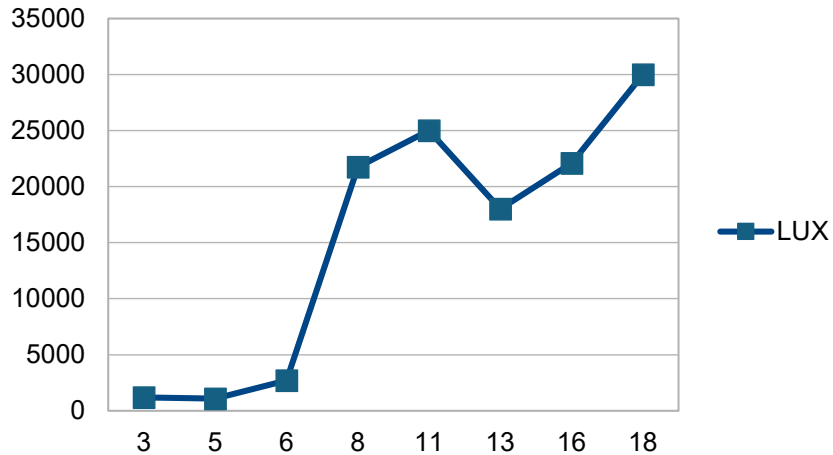


Figura 9. Radiación (lux) en los 8 puntos de muestreo de La Finca Agroecológica La Esperanza.

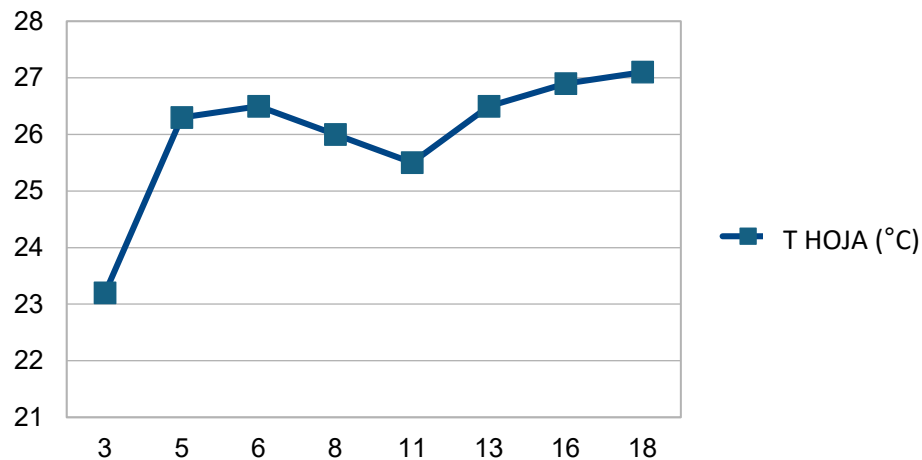


Figura 10. Temperatura (°C) promedio de hojas tomada en los 8 puntos de muestreo de La Finca Agroecológica La Esperanza

Los dos gráficos anteriores (figura 9 y 10) muestran los datos de temperatura de superficie de hoja y lux tomados bajo sombra en cada uno de los puntos que se muestrearon, los puntos con mayor cantidad de lux como el 18, 16, 13, 11 y 8, muestran temperaturas en la superficie de la hoja superiores a los 25 °C, el punto 3 en contra parte, con los anteriores parece confirmar una relación estrecha entre la radiación y la temperatura, al contar con temperatura inferior a los 25 °C y luxes por debajo de los 2,000.

Los puntos como el 5 y el 6 muestran una temperatura sin correlación entre la radiación y la temperatura de la superficie de la hoja, ya que su temperatura es superior a los 25 °C a pesar de que sus lecturas en lux son inferiores a los 5,000. Estos puntos son una muestra de que son varios los factores que interactúan con el café para generarle el microclima, recordemos que la sombra afecta muchos otros factores físicos en el agroecosistema del cafetal, como lo son la humedad relativa que permite una mejor disipación de la temperatura en toda la superficie bajo y aledaña a los árboles de sombra.

Si sacamos un promedio de las temperaturas medidas en la superficie de la hoja de cada uno de los puntos bajo sombra tenemos un dato de 26 °C, el promedio de temperatura de la superficie de la hoja en cafetos bajo el sol es de 34.66 °C, la amortiguación térmica de los ingas en la Finca Agroecológica La Esperanza es de 8.66 °C (considerar que las temperaturas fueron tomadas en un rango entre las 10 am y 1 pm).

Los Ingas por las características de su follaje y ramificación tienden a generar una sombra mejor distribuida sobre el café que otras especies como el Mango que en ciertos puntos suele tener un follaje demasiado denso y una sombra que no permite la penetración directa de los rayos solares.

b. Caracterización de Ingas y su aporte de materia Orgánica

Otra importancia de los ingas es su producción de materia orgánica y la incorporación de esta al suelo, al estar los cafetos bajo la sombra de los ingas en el suelo encontramos materia orgánica de ambos, tanto café como la especie utilizado para sombra.

Cuadro 4. Caracterización de Ingas en los 8 puntos de muestreo de La Finca Agroecológica La Esperanza, diámetro (D) de sombra, Altura del árbol, Materia orgánica (MO) bajo la copa, Área (A) de sombra y Materia Orgánica (estimada) bajo el árbol.

PUNTO	ÁRBOL	D SOMBRA m	ALTURA m	MO/M ² Kg	A SOMBRA m ²	MO/ÁRBOL Kg
3	1	15.6	10	0.492	191.1	94
	2	8.9	10	0.396	62.2	24.6
5	1	5	8	0.868	19.6	17
6	1	6.2	8	0.564	30.2	17
8	1	6.5	6	0.128	33.2	4.2
11	1	5.7	5	0.028	25.5	0.7
	2	4.5	4	0.12	15.9	1.9
13	1	5.7	7.5	0.736	25.5	18.8
	2	6.2	8	0.736	30.2	22.2
16	1	7.4	10	0.512	43	22
	2	6.8	10	0.932	36.3	33.8
18	1	8	9	0.784	50.3	39.4
	2	9	9	0.8	63.6	50.9

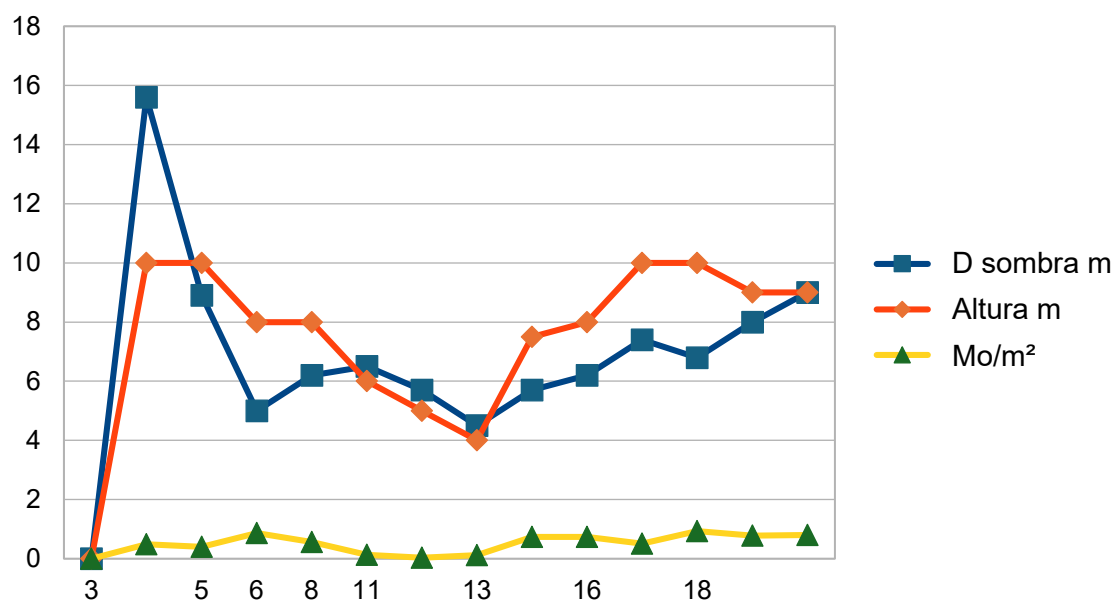


figura 11. Relación en el aumento de la materia orgánica con respecto a la altura y el diámetro de la sombra de *Inga sp.*

Los árboles con mejor altura pueden producir una mayor cantidad de follaje y desarrollar una copa más amplia que mejora la sombra para el café y aumenta la materia orgánica producida por metro cuadrado, generar las condiciones para que un Inga sp. se desarrolle y crezca rápido en el terreno ayudaría a una mayor producción de materia orgánica.

Los Ingas sp. se encuentran bien adaptados a la zona cafetalera de Santa Ana, presentan un buen crecimiento en un tiempo aceptable para los productores, menos de 3 años para superar los 5 m de altura, su distribución del follaje, el mantener este durante la época seca, la fijación de nitrógeno y la producción de materia orgánica son características muy apreciadas por el caficultor además de que le permite obtener leña para consumo y venta, generando un valor agregado a su función de sombra. La desventaja que tienen los Inga sp. es con respecto a los frutales o maderables que permiten al finquero obtener buenos ingresos gracias a los árboles usados como sombra, pero estos no suelen complementar también al cafetal como si lo hacen los Ingas.

c. Consulta a los productores de café de la zona

La encuesta pasada a los productores de café de la zona de nos arrojan los siguientes detalles sobre la apreciación de estos hacia los ingas como sombra para el cafeto:

Todos los productores utilizan arboles de Inga sp. como sombra en sus propiedades en combinaciones con árboles frutales, maderables y otros que crecen de manera natural en el terreno.

De todos los encuestados un 75% se sienten beneficiados por las especies de Inga en sus parcelas, aprecian mucho las siguientes cualidades:

- Fijación de Nitrógeno
- Crecimiento rápido del árbol,
- Sombra durante la época seca
- La producción de materia orgánica
- La producción de leña

Por las características anteriores un 87.5 % considera a los Ingas candidatos para establecer como especie para sombra.

Como aspectos negativos en el uso de estas especies hay que mencionar que el 87.5% solo brinda poda anual como manejo a la sombra, no tienen establecida una densidad de árboles por manzana ya que solo buscan tapar claros y solo un 12.5% fertiliza estos árboles de sombra y maneja una densidad por manzana (entre 12 a 14 árboles por mz).

La entrevista a los caficultores deja claro, los productores buscan en los Ingas cualidades que complementan al cafetal y que le brinden a éste mejores condiciones para el desarrollo del cultivo y que enriquezcan con su materia orgánica y la fijación de nitrógeno las propiedades del suelo.

Don Rafael Orellana propietario de La Finca Agroecológica La Esperanza confirma que son esas las características que él valora de estas especies, pero él también pone importancia a la calidad que la una sombra bien distribuida le brinda a la maduración de la uva y por ende el grano, para él una buena sombra en su cafetal permite una maduración más uniforme en las bandolas, aspecto que combinado con otras prácticas le permite producir una buena calidad de taza, algo a lo que él le apuesta bastante.

8 CONCLUSIONES

La radiación evidentemente es el factor más importante con respecto a la temperatura de la hoja, al ser el café muy susceptible a temperaturas mayores a los 25° C, la sombra resulta una medida muy necesaria en las zonas tropicales y al interactuar con el suelo, el café y otros factores bióticos y abióticos presentes en el entorno, generan un microclima que le da más resiliencia al agroecosistema, la humedad entorno al café y la sombra, influyen en mayor proporción sobre el control de temperatura, tanto diurna como nocturna.

Las ingas poseen altura superiores o cercana a los 8 metros, con un buen diámetro de copa son los que están brindando los mejores resultados en la producción de materia orgánica, por ende el buscar que estos árboles alcancen dicha altura lo más pronto posible por medio de una mejora en su manejo y una distribución más ordenada que evite que estos tengan competencia por la radiación solar, ayudaría mucho a la finca en el tema de la materia orgánica ya que mientras se caracterizaban los puntos se observó que dichos árboles tenían competencia por luz solar y nutrientes con otras especies arbóreas, un buen distanciamiento, fertilizaciones durante los primeros años de desarrollo y establecimiento de un vivero para trasladarlos de un buen tamaño al campo beneficiarían enormemente y aumentarían la eficiencia de estas especies en sus aportes de materia orgánica.

En la finca las cualidades más apreciadas de los *Ingas sp.* son su mantenimiento de follaje durante la época seca, su copa permite una buena ventilación y su producción de MO, la sombra bien distribuida del follaje ayuda a una maduración más uniforme de fruto, algo muy importante para su propietario por los temas de calidad y mejores cualidades organolépticas para el grano.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Barradas, VL; Fanjul, L. 1984. La importancia de la cobertura arbórea en la temperatura del agroecosistema cafetalero (en línea). *Biótica* 9(4) p. 417-421. Consultado 30 sep. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263227229_La_importancia_de_la_cobertura_arborea_en_la_temperatura_del_agroecosistema_cafetalero
- Cuadras, S; López, K. 2020. Orígenes del café. *Revista ForumCafé* 50:6-10.
- González, K; Mancía, C; Mancía, M; Santeliz, A. 2016. El bosque cafetalero, su importancia en la conservación del medio ambiente y su legislación en El Salvador. Tesis Lic. Santa Ana. SV. UES. 217 p.
- Hernández Robledo, N. 2018. Resiliencia de los sistemas de producción de café bajo sombra en los municipios de la Cordillera Central del Departamento del Tolima (en línea). Tesis Ing. Agr. Colombia, UT. 157 p. Consultado el 15 sep. 2021. Disponible en: <https://www.repository.ut.edu.co/bitstream/001/3056/1/%200300%201290%20CD7014.pdf>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, El Salvador). 2016. Guía práctica de Caficultura. Santa Tecla, SV. 75 p.
- Jaramillo, A; Chávez, B. 1999. Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) al sol y bajo sombra. Cenicafe, CL. 97-105 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2012. Clasificación de suelos por división política de El Salvador, C.A. Soyapango, SV 82 p.
- Méndez, E. 2005. Café con sombra y alternativas para reducir la presión del cambio de uso del suelo en la zona sur de Ahuachapán, El Salvador. San José, CR. 54 p.
- Mosquera, LP; Riaño, NM; Arcila, J; Ponce, CA. 1999. Fotosíntesis,

respiración y fotorrespiración en hojas de café *Coffea sp* (en línea). El Salvador 215-221 p. consultado el 22 sep. 2021. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4197/1/arc050%2803%29215-221.pdf>

- Lagos, JA. 2013. Compendio de botánica sistemática: adaptado a El Salvador. 3 de. San Salvador, SV. p. 123-127.
- López, J; Solórzano, S; Quintanilla, K; Sánchez, M. 2018. Café: variedades resistentes a la roya en El Salvador. San Salvador, SV. 46 p.
- OEA (Organización de los Estados Americanos). 1978. Proyecto de Desarrollo Integrado de la Región Oriental de Panamá – Darién (en línea). Washington D.C. US. Consultado 10 nov. 2022. disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea30s/begin.htm#Contents>
- Panhuysen, S; Pierrot J. 2014. Barómetro de café (en línea). s. l., 24 p. Consultado el 30 jul. 2021. Disponible en: <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Barometrod e-cafe%202014.pdf>.
- PROCAFE. 2003. Manual del caficultor. Santa Tecla, Sv. 106 p.

10 ANEXOS

A1. FORMULARIO DE LA ENCUESTA.

GENERALIDADES:

Nombre del productor/ra

Altura (msnm):

Ubicación de finca:

Variedades:

Extensión:

Tipo de suelos:

PREGUNTAS:

- 1 ¿Qué tipo de árboles utiliza para sombra en su cultivo de café?:

- 2 ¿Cuál le resulta más beneficiosa según su experiencia y por qué?:

- 3 ¿Qué características busca en un árbol para sombra?

- 4 ¿Qué manejo le da a la sombra?

- 5 ¿Cuál es la densidad que le da a los árboles por mz para la sombra y que arreglos hace para ubicarlos?

- 6 ¿Cuánto es su producción promedio?

- 7 Desde su punto de vista, ¿cuál es la importancia de la sombra para el café?

- 8 ¿Como obtiene las especies para sombra?

A2. FOTOGRAFIAS

fotografía 1. Toma de datos y muestras en finca la esperanza.



fotografía 2. Cafetos bajo la sombra de ingas.



Fotografía 3. Leña obtenida de la poda de ingas.



fotografía 4. Toma de temperaturas de las hojas del cafeto.

