

**Efectos del tipo de sombra en la escorrentía y
erosión en el sistema agroforestal café en la
microcuenca Santa Inés, Honduras**

Katuska Elizabeth Cazco Balseca

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTE Y DESARROLLO

Efectos del tipo de sombra en la escorrentía y erosión en el sistema agroforestal café en la microcuenca Santa Inés, Honduras

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Katiuska Elizabeth Cazco Balseca

Zamorano, Honduras
2015-11-01

Efectos del tipo de sombra en la escorrentía y erosión en el sistema agroforestal café en la microcuenca Santa Inés, Honduras

Presentado por:

Katuska Elizabeth Cazco Balseca

Aprobado:

Josué León, M.Sc.
Asesor principal

Laura Suazo, Ph.D.
Directora
Departamento de Ingeniería en
Ambiente y Desarrollo

Juan Carlos Flores, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto del tipo de sombra en la escorrentía y erosión en el sistema agroforestal café en la microcuenca Santa Inés, Honduras

Katiuska Elizabeth Cazco Balseca

Resumen. La microcuenca Santa Inés es uno de las fuentes abastecedoras de agua para Zamorano y para comunidades dentro y aledañas a la microcuenca. En la caracterización realizada al inicio de este estudio, se pudieron observar los tipos de sombra más empleados por productores de café en la zona. Este estudio se realizó en las comunidades El Guayabo y Matahambre, en la microcuenca Santa Inés. La finalidad de la investigación consistió en cuantificar la escorrentía y pérdida de suelo en tres tipos de sombra en cafetales: Ingas, Musáceas y Pino. Se instaló tres parcelas de monitoreo de escorrentía de 50 m² (10 m de largo × 5 m de ancho), con láminas lisas de zinc en cada finca con diferente tipo de sombra. Cada parcela se conectó a un recipiente colector, donde se midió la cantidad de agua escurrida y se tomó una muestra de 500 mL, para el análisis de sólidos totales después de cada evento de precipitación. Se instaló dos pluviómetros para obtener los datos de precipitación caída. La sombra de musáceas es predominante en la microcuenca, según la caracterización general realizada en campo. En promedio los porcentajes de escorrentía fueron de 0.57% en Musáceas, 0.11% en Pino y 0.05% en la sombra de Inga. La pérdida de suelo por tipo de sombra fue 43.39 gST/L en Musáceas, Pino 0.30 gST/L é Ingas 0.55 gST/L. Los resultados indican que la sombra de musáceas produce mayor pérdida de suelo por erosión hídrica. Se recomienda combinar las musáceas con otro tipo de sombra arbórea y conservar el bosque de pino natural para futuros cultivos.

Palabras clave: Escorrentía, musáceas, parcelas de monitoreo, pluviómetros, sólidos totales.

Abstract. The Santa Ines watershed is an important water source for the Zamorano and surrounding communities. In a previous study, observing types of shade used by coffee producers in the area were observed. This study was conducted in the communities of El Guayabo and Matahambre in Santa Ines watershed. The purpose of the research was to quantify the runoff and soil loss in three types of coffee shade: *Inga*, *Musa* and *Pinus*. Three monitoring plots of 50 m² (10 m long × 5 m wide) with flat sheets of zinc on each farm with different types of shade was installed. Each plot was connected to a where the amount of water lost was measured and 500 mL sample were taken for analysis of total solids after each precipitation event. Two rain gauges were installed for taking precipitation data. The shade of *Musa* predominates in the watershed, previously found in a general characterization made in the field. On average runoff rates were 0.57% in *Musa*, 0.11% in pine and 0.05% in the shadow of *Inga*. Soil loss by type of shadow was 43.39 gST/L in *Musa*, pine with 0.30 gST/L and 0.55 gST/L *Inga*. The results indicate that the *Musa* shade cover cause higher loss of soil by water erosion. It is recommend combining *Musa* with other shade cover and conserving the natural pine forest for future crops.

Key words enzymatic: Gauges, *Musa*, runoff monitoring, shade cover, total solids.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iii
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	12
5. RECOMENDACIONES.....	13
6. LITERATURA CITADA.....	14
7. ANEXOS.....	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Sistemas agroforestales evaluados en la microcuenca Santa Inés, Honduras.	5
2. Comparación de medias de escorrentía superficial por tipo de sombra en café.....	10
3. Comparación de medias de sólidos totales por tipo de sombra.....	11

Figuras	Página
1. Ubicación de la microcuenca Santa Inés, Honduras.	3
2. Esquema de la ubicación de las parcelas de escorrentía.....	4
3. Ubicación de las parcelas de monitoreo en la microcuenca Santa Inés.	6
4. Escorrentía superficial producida por evento de lluvia en tres tipos de sombras...	8
5. Porcentaje de la escorrentía superficial promedio en los tres tipos de sombra en café.....	9
6. Sólidos Totales producidos por evento de lluvia en cada tipo de sombra.....	10

Anexos	Página
1. Esquema de una parcela permanente de escorrentía y erosión.....	16
2. Escorrentía superficial (mm) por tipo de sombra.	16
3. Coeficiente de escorrentía en Café con sombra de <i>Musa Sp.</i>	17
4. Pérdida de suelo por tipo de sombra.....	17
5. Formulario utilizado para toma de datos.	17
6. Muestras de 500 mL tomadas de los botes recolectores.....	18
7. Crisoles con muestra en el desecador.	18
8. Bote recolector de agua instalado en parcela de monitoreo.	19
9. Regla de madera graduada en centímetros.	19
10. Parcelas de monitoreo instaladas en los tres tipos de sombra.	20

1. INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica está conformada por componentes biofísicos, biológicos y antropocéntricos, donde resalta el conjunto de sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Esta se divide en subcuenca y microcuenca, donde la subcuenca comprende un área delimitada con un afluente que desemboca directamente en el cauce principal, y microcuenca que es el conjunto de algunas áreas de la subcuenca (Ramakrishna 1997).

El café producido en Honduras representa a partir desde 1994 el primer producto de exportación en el país, se coloca en los primeros lugares de mejor café a nivel internacional, involucra alrededor de 63,703 productores en 14 departamentos de Honduras. Los cultivos de café se localizan en zonas de captación de cuencas hidrográficas, donde el 70% de las tierras cafetaleras se ubican entre los 700 y 1,300 msnm (INCAE 1999).

El aumento poblacional es uno de los principales factores en el desarrollo insostenible ocasionado en las cuencas hidrográficas en varias partes del mundo. La necesidad de talar bosques en la parte alta para poder disponer de tierras destinadas a la agricultura, lo que ha contribuido a un incremento de la erosión en la parte alta dando como resultado un aumento de sedimentos río abajo (FAO 2009).

Dar un mal manejo a cultivos intercalados con el café puede llevar a una pérdida o degradación más alta del suelo. Investigaciones realizadas en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, revelaron que el cultivo de café en sus dos primeros años presenta mayores pérdidas de suelo por erosión. El 97% de la erosión de los suelos en Colombia es causado por la precipitación, por lo que es necesario un manejo adecuado de maleza (Quiroz e Hincapié 2007).

En América Central los primeros documentos que trataban de agroforestería posiblemente son los de Cook en 1901, donde reconoció la importancia y beneficios de la sombra de los árboles en cultivos, particularmente en plantaciones de café. Los sistemas agroforestales brindan soluciones parciales para muchos de los problemas productivos del café. Este cultivo se desarrolla en tierras altas y en suelos fértiles (Mendieta y Rocha 2007).

A diferencia del resto del mundo, Centro América se caracteriza por cultivar café bajo sombra, este método permite conseguir un café con mayor calidad, pero con menos productividad a comparación de producir en lugares con sol directo. Esta práctica fue adoptada de Etiopía, país de donde fue traída la planta de café, ya que protege a la hoja, fruto y controla la humedad en la plantación. Estos sistemas agroforestales, han permitido que los suelos de estos cultivos se encuentren nutridos y conservados (Sandoval 2008).

El deterioro de los recursos naturales es un fuerte problema en Honduras, el establecimiento de cafetales produce drásticos cambios a las condiciones naturales de los recur-

tos. Ventajosamente en Honduras más del 95% del área cafetalera se encuentra bajo condiciones de sombra. La especie más utilizada como sombra temporal en zonas altas son las musáceas, aunque muchas veces es utilizada como sombra permanente como fuente de alimento. Las guamas (*Inga spp*) es la especie más común en Honduras para sombra permanente en cafetales. En cuanto a las especies maderables existen muchas combinaciones utilizadas por cafetaleros, entre ellos coníferas como el pino (Ordóñez y Sosa 2001).

El agua que la Escuela Agrícola Panamericana aprovecha, viene de dos fuentes principales, la Reserva Biológica Uyuca y de la microcuenca Santa Inés. El agua que desciende del cerro es utilizada para el consumo humano en la escuela, en cambio el riego de sus campos lo provee el agua de la microcuenca. Zamorano tiene planes futuros de utilizar el agua de Santa Inés para consumo doméstico, por lo que el estudio realizado sirve para evaluar de mejor manera y tomar una decisión sobre el manejo de la misma (Huezo 2011).

Existen alrededor de 24 productores agropecuarios en la zona de recarga hídrica de la microcuenca Santa Inés, en su mayoría se encuentran ubicados en las comunidades de Los Lavanderos y El Guayabo. Entre los principales cultivos a los que estos productores se dedican es el café asociado, ya sea con pino y banano (Montenegro 2013). La EAP tiene 737.37 hectáreas como propiedad de la microcuenca, de los cuales tan solo el 22.8% está destinado para protección hidrológica. Los bosques suman 86.4% del área de la microcuenca, el resto está ocupado por la agricultura urbana y otros usos (Marciaga 2014).

En la microcuenca Santa Inés hay una marcada tendencia y presión para el cambio de usos del suelo, sobre todo por expansión del cultivo del café en la zona de recarga hídrica. Esta microcuenca tiene gran importancia para el actual y futuro abastecimiento de agua para consumo humano y para riego, tanto para las comunidades como para la propia Escuela Agrícola Panamericana. Por lo anterior, es necesario estimar cual será el efecto de este cambio de cobertura sobre el comportamiento del ciclo hidrológico, sobre todo efectos en la escorrentía y erosión del suelo. En este estudio se evaluó cual es la mejor combinación de sombra en el cultivo de café y sus efectos en la calidad y cantidad del agua a través de los siguientes objetivos:

- Caracterizar el Sistema Agroforestal Café Bajo Sombra en la parte alta de la microcuenca Santa Inés.
- Determinar la escorrentía superficial en tres tipos de sombra utilizada en el cultivo de Café en la microcuenca Santa Inés.
- Cuantificar la pérdida de suelo por erosión hídrica para tres tipos de sombra utilizada en el cultivo del café.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La microcuenca Santa Inés se localiza entre los departamentos de Francisco Morazán y El Paraíso, Honduras (Figura 1). La microcuenca pertenece a la subcuenca del río Yeguaré, tributario del río Choluteca. Con un área de 1,906 ha la microcuenca alcanza una altitud que va desde los 755 a los 1765 msnm. La microcuenca Santa Inés tiene forma oblonga con un perímetro de 21 km, se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM 501095 y 1540601 latitud y 501095 y 510160 longitud. La microcuenca se encuentra habitada por seis comunidades: El Guayabo, Matahambre, Los Lavanderos, Los Lirios, Santa Rosa y Santa Inés (Huezo 2011).

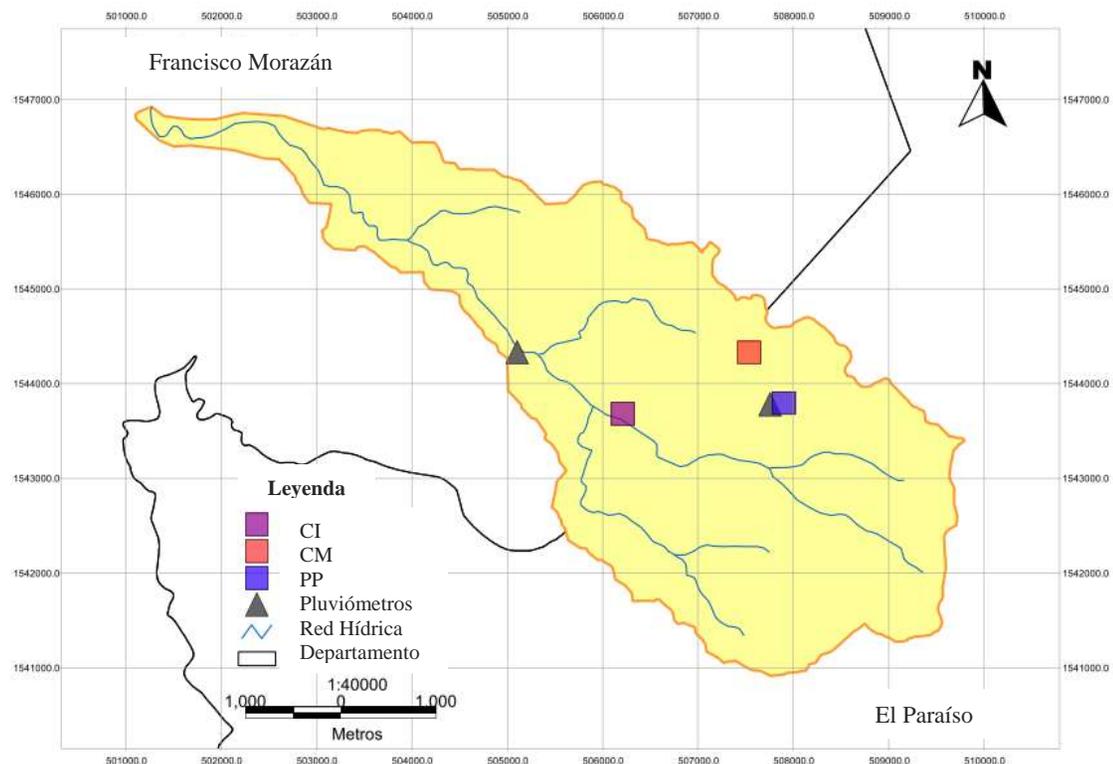


Figura 1. Ubicación de la microcuenca Santa Inés, Honduras.
Fuente. USIG Zamorano.

En la microcuenca Santa Inés, el 86.4% del área está cubierta por bosque de pino y latifoliado, predominando con un 72.4% el pino. Los asentamientos urbanos, agrícolas y demás corresponden al restante 6% del área. El cultivo del café representa un 0.7% del área total de la microcuenca. Sin embargo la microcuenca se restringe a cultivos perennes

y a cobertura forestal debido a sus predominantes pendientes de 12 a 50% (Acosta y Kucharsky 2012).

Para este estudio se realizó una caracterización general de seis fincas de café con más de tres años de establecidas, tomando en cuenta las siguientes variables: tipo y densidad de sombra, pendiente, tipo de suelo y prácticas de manejo del cultivo. Para medir la densidad y porcentaje de cobertura de la sombra se utilizó un densiómetro esférico cóncavo. Este método subjetivo posee un nivel de brújula para asegurar las lecturas y una malla con 24 cuadrantes en un espejo. Se asume cuatro puntos iguales por cada cuadrante. En cada finca se tomó 10 puntos distribuidos a cada 10 metros, estimando un rango de 70 a 80% sombra. Luego de evaluar las seis fincas, se seleccionó tres, con el tipo de sombra más utilizado por los pequeños productores de las comunidades El Guayabo y Matahambre.

Para medir la pendiente se utilizó un clinómetro marca Suunto Tandem®, y estableció un rango de 30 a 40% de pendiente en las tres fincas. Además se usó un GPS marca Garmin® para georeferenciar cada finca y determinar la altitud. Las fincas de café seleccionadas se encuentran divididas en tres grupos según el tipo de sombra utilizado. Para cada uno de los tipos de sombra, se midió el porcentaje y densidad promedio de árboles. Para una densidad de sombra de 70%, en la finca de café con sombra de pino se estimó un distanciamiento entre árboles adultos de 8×8 m, para la sombra de ingas un distanciamiento de 8×6 m y en musáceas de 4×6 m. Por cada tipo de sombra se realizó un tratamiento (Figura 2):

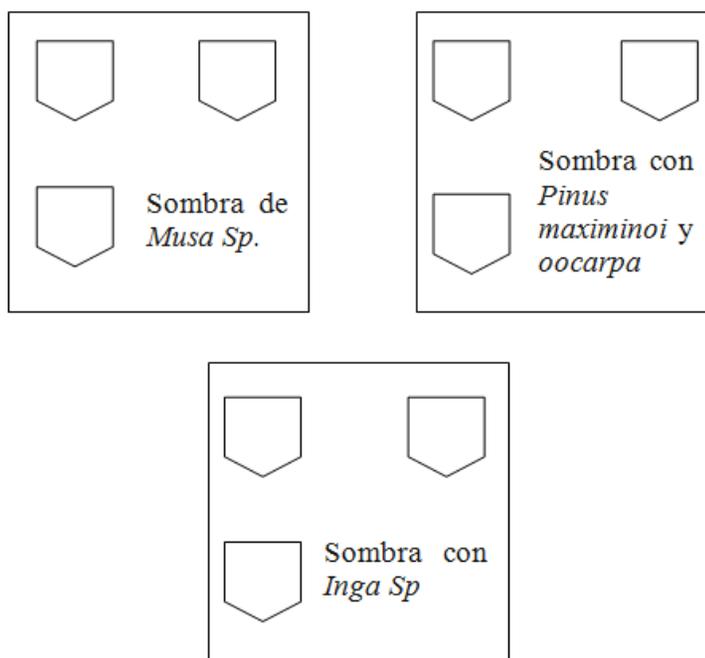


Figura 2. Esquema de la ubicación de las parcelas de escorrentía.

Para considerar la variable de suelos se utilizó el estudio edafológico y de cobertura realizado por Kucharsky y Acosta (2012). En la selección de las fincas, se tomó en cuenta que las prácticas de manejo de suelo y control de maleza fueran las mismas, y así evitar un sesgo en los resultados. Los suelos de las órdenes Alfisol e Inceptisol son predominantes en la microcuenca Santa Inés, encontrándose el primero debajo de los 1,100 msnm. Los Inceptisol por el contrario se encuentran arriba de los 1,150 msnm. El paisaje predominante en la microcuenca es ladera con pendientes entre 12 y 50% (Dubón 2007). Los suelos predominantes de la microcuenca Santa Inés son de texturas gruesas, es decir arenosa. Las fincas seleccionadas para el estudio se encuentran ubicadas en suelos francos (Figura 3).

Cuadro 1. Sistemas agroforestales evaluados en la microcuenca Santa Inés, Honduras.

Descripción de Sistema	Sistema
Café bajo sombra de <i>Inga sp</i>	CI
Café bajo sombra de <i>Musa sp</i>	CM
Café bajo sombra de <i>Pinus maximinoi</i> y <i>oocarpa</i>	CP

Para el registro de la precipitación, se instaló dos pluviómetros de balancín con registradores de datos marca Onset® en dos comunidades. Uno en la parte media de la microcuenca en la comunidad de Los Lirios y el otro en la parte alta en la comunidad de El Guayabo. Los pluviómetros se ubicaron en las coordenadas geográficas UTM 507755 y 1543779, para el pluviómetro de El Guayabo y 505101 y 1544325 para el pluviómetro en la comunidad de Los Lirios.

Una vez caracterizadas las fincas, se seleccionaron los tres tipos de sombra predominantes en la microcuenca que los productores prefieren en sus de fincas de café. Para cada tipo de sombra, se instaló tres parcelas de medición de escorrentía, para un total de nueve parcelas. Cada parcela de monitoreo con dimensiones de 10 m de largo × 5 m de ancho, para un área de 50 m². Las parcelas fueron elaboradas con láminas lisas de zinc calibre 28.

Las parcelas delimitadas con lámina, se instalaron con el lado de 10 m en sentido de la pendiente o dirección del flujo natural de agua (Anexo 3). En el extremo de la pendiente, cada parcela se conectó a través de una manguera de poliducto de 2.54 cm de diámetro a un recipiente colector con capacidad de 20 L (Anexo 8). Este recipiente sirvió para coleccionar la escorrentía proveniente de los 50 m² de la parcela.

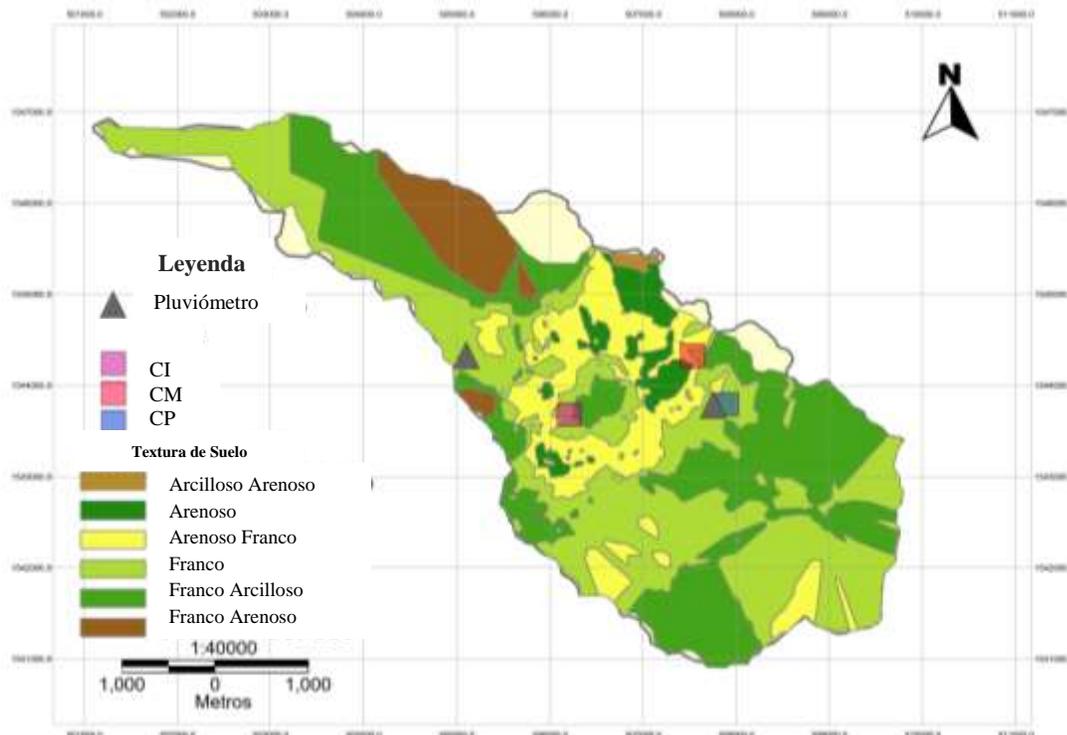


Figura 3. Ubicación de las parcelas de monitoreo en la microcuenca Santa Inés.
Fuente. Acosta y Kucharsky 2012. Adaptado por el autor.

Para el análisis de escorrentía superficial se tomaron cinco eventos de precipitación, para la pérdida de suelo se evaluaron los tres primeros eventos de precipitación, debido al tiempo disponible para el trabajo en laboratorio. Las mediciones se realizaron después de cada evento de precipitación y consistió en medir la altura de la lámina de agua de cada recipiente, utilizando una regla de madera graduada en cm. Cuando se obtuvo volúmenes menores a un litro, estos se midieron utilizando una probeta con capacidad de 1,000 mL. El dato obtenido se registró en el formulario (Anexo 7).

Para el análisis de sólidos totales, de cada recipiente colector se procedió a extraer una muestra representativa de 500 mL de escorrentía. Para garantizar que la muestra fuera homogénea se removió en volumen total de escorrentía en el colector. Cada muestra se etiquetó posteriormente con la hora de recolección, fecha y código de parcela para el control en laboratorio.

Para el cálculo del porcentaje de escorrentía se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%E = (AE \times 100) / ACP \quad [1]$$

Donde:

AE = Agua escurrida (L).

ACP = Agua caída en la parcela (Área de la parcela (m²) × Precipitación (mm)).

Para determinar la pérdida de suelo por erosión, se realizó el análisis de sólidos totales a cada una de las muestras de 500 mililitros. Se utilizó el método gravimétrico de secado a 103 °C. Este método se basó en una medición cuantitativa por la diferencia de pesos que sufre el crisol previamente tarado después de la evaporación y secado de la muestra. Se seleccionó un volumen de 30 mL de la muestra y se depositó en el crisol previamente tarado y pesado. El crisol se puso al horno evaporador durante 12 horas, luego se colocó en un desecador por 20 minutos antes de ser pesada. Se realizó una muestra por duplicado para una mejor precisión.

Los sólidos totales permiten estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas de las muestras, y se calcularon mediante la siguiente ecuación (Severiche *et al.* 2013):

$$\text{mg Sólidos Totales/L} = (B - A) \times 1000 / \text{volumen de muestra (en mL)} \quad [2]$$

Donde:

A= Peso del crisol vacío (en mg).

B= Peso del crisol más el residuo seco (en mg).

Los datos de escorrentía generada y pérdida de suelo se analizaron con el programa Minitab 17. Se realizó una comparación de medias utilizando el método de tukey, con un nivel de significancia de 95%, para cada promedio de los eventos de lluvia en cada tipo de sombra, cada uno con sus tres parcelas de muestreo. Además se determinó el coeficiente de escorrentía a cada tipo de sombra por cada evento de lluvia (Anexo 3).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la caracterización realizada a seis fincas de café en la microcuenca Santa Inés, se observó que los tres sombras seleccionadas para este estudio, son las más utilizadas por productores de café en esta zona. De los tres tipos de sombra en cultivo de café evaluado, la más utilizada por los productores es la de musáceas. En la finca con sombra de pino, se observó un capa de acícula de alrededor de 5 cm en el suelo. Como indica Ordoñez y Sosa (2001) en su estudio, el 95% del territorio cafetalero en Honduras se encuentra bajo algún tipo de sombra. Las musáceas como sombra temporal o permanente es más empleada en zonas altas porque además se aprovechada como fuente de alimento. También indica la *Inga spp* de las especies arbóreas, como la más común en el país y al pino como maderable utilizado para sombra.

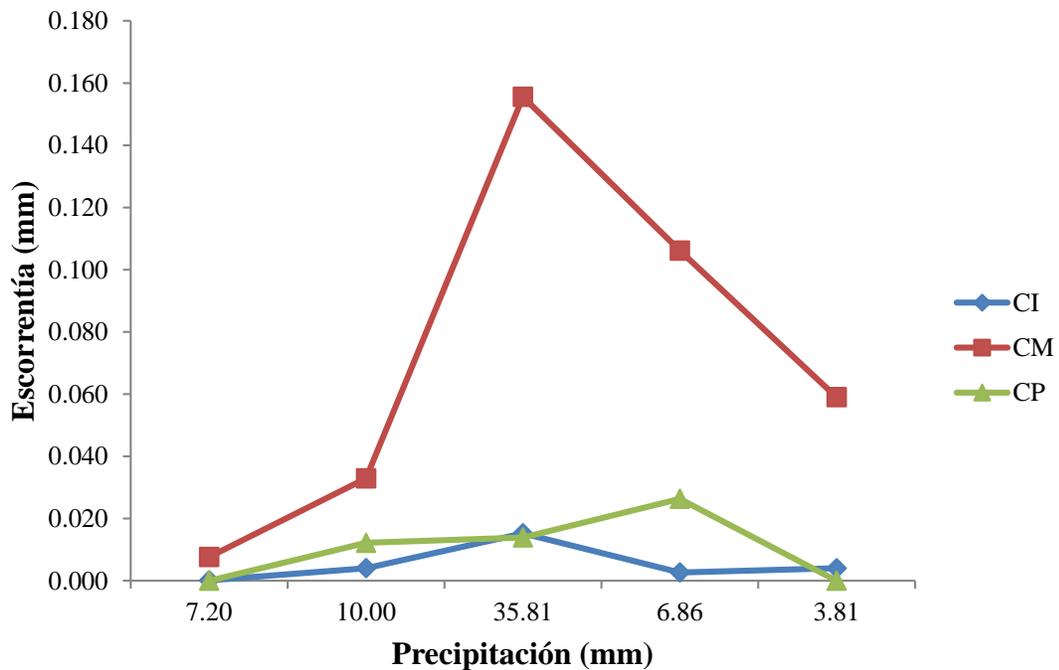


Figura 4. Escorrentía superficial producida por evento de lluvia en tres tipos de sombras.

Durante el periodo de estudio se evaluaron cinco eventos de precipitación en las tres parcelas de monitoreo para cada uno de los tipos de sombra en cafetales. En los resultados se observa claramente que la escorrentía superficial tuvo una relación directa con la cantidad de precipitación caída (Figura 4). La escorrentía generada en los tres tipos de

sombra fue diferente, la sombra con musáceas (0.57%) reportó cuatro veces más que la escorrentía generadas en la sombra de pino (0.11%), y esta a su vez el doble de la sombra con ingas (0.05%) (Figura 5). Según Ramos (2002) en su investigación realizada durante tres meses, la escorrentía producida en el tipo de sombra *Musa* en café fue mayor con 10.15 mm, en el café con pino obtuvieron 9.80 mm y 9.60 mm en café con sombra de guama. Estos resultados pueden deberse a la producción de hojarasca en la sombra de ingas y pino, con la diferencia en morfología foliar.

En el estudio realizado por Ixmatá (2003) muestra un 12% de escorrentía para café con sombra de *Inga* y *Musa*, también señala un 14% de escorrentía para bosque de guamil y pino ralo. Los datos obtenidos en esta investigación son significativamente menores en comparación con los resultados de otros estudios. Esto se debe a que los datos registrados son de la época seca por la que pasó el país ocasionada por el fenómeno del niño durante el período de estudio, los datos recolectados son de condiciones de humedad antecedente sin precipitaciones en los últimos 5 días por lo que fueron medidos bajo condiciones secas.

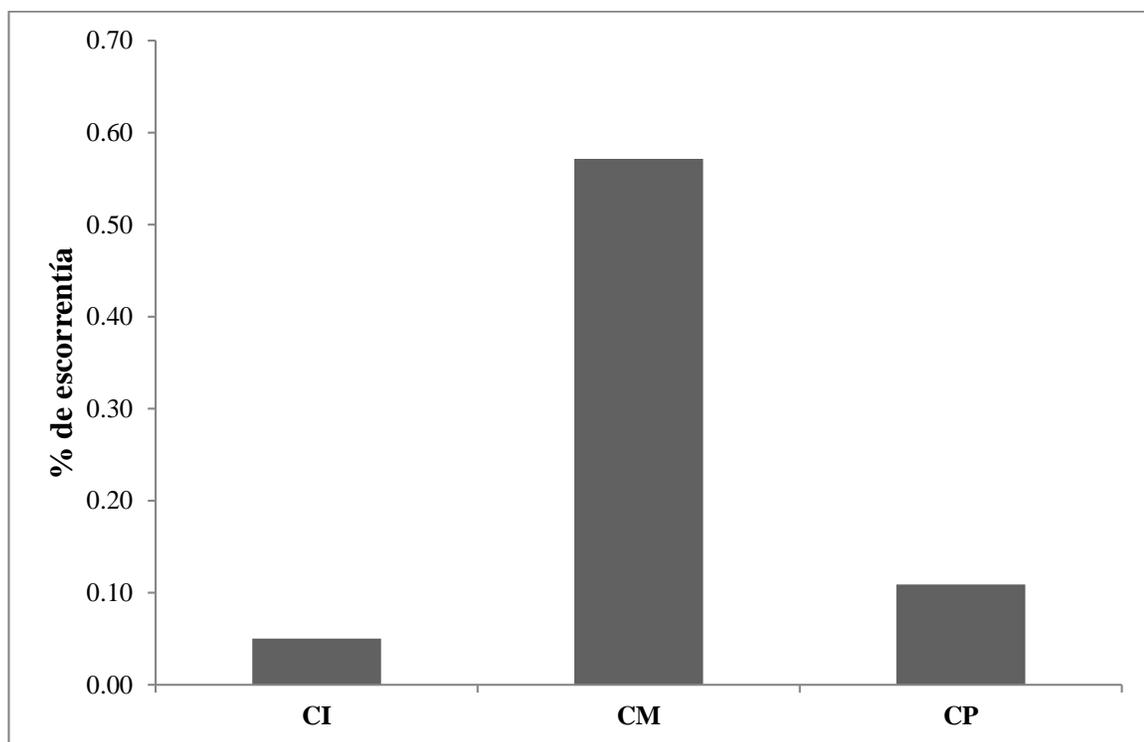


Figura 5. Porcentaje de la escorrentía superficial promedio en los tres tipos de sombra en café.

En la escorrentía superficial producida por cada tipo de sombra en cafetales durante los cinco eventos de precipitación, únicamente se observó diferencia significativa en café con sombra de musáceas. En cuanto al tipo de sombra de *Inga* y *Pinus*. La escorrentía producida en estos dos tratamientos fue diferente entre sí, no existe diferencia significativa

entre ellos (Cuadro 1). Ixmatá (2003) en su estudio también no encontró diferencia significativa entre los microdrenajes de café con sombra de *Inga* y *Musa*, con el bosque de guamil y pino ralo.

Cuadro 2. Comparación de medias de escorrentía superficial por tipo de sombra en café.

Tipo de sombra	N	Media (gST/L)	Agrupación	Valor p
CI	5	0.0052	B	0.018
CM	5	0.0722	A	
CP	5	0.0105	B	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En los resultados se observa que existe una relación directa en la producción de sólidos totales con la cantidad de precipitación caída. Esto permite deducir que en sistemas agroforestales de café bajo sombra, la pérdida de suelo depende entre otros factores de la cantidad de lluvia y escurrimiento superficial. Se observa una mayor producción de sólidos totales en café con sombra de *Musa* (Figura 6). En el estudio realizado por Bermúdez (1980), muestra un promedio de 0.48 gST/L en café con sombra de poró y un 0.71 gST/L con sombra de Laurel y Poró. Los resultados obtenidos en la sombra con *Pinus* e *Inga*, se asemejan a los datos de la investigación de Bermúdez, sin embargo café bajo sombra de musáceas presenta un rango considerablemente alto.

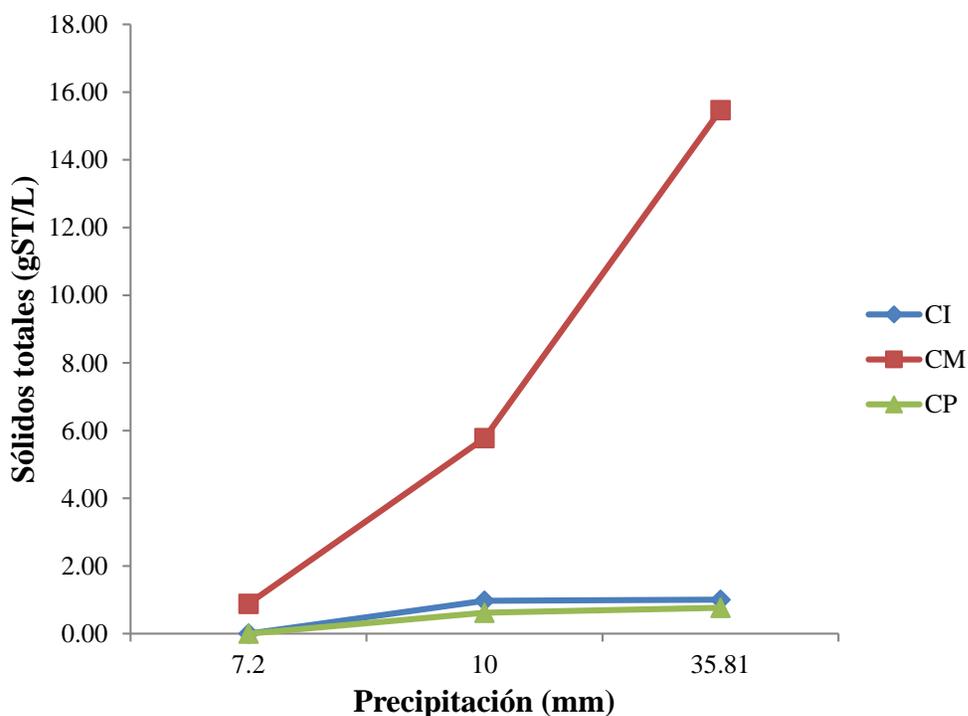


Figura 6. Sólidos Totales producidos por evento de lluvia en cada tipo de sombra.

En la comparación de medias de los resultados de sólidos totales analizados por cada tipo de sombra, no se observó diferencia significativa (Cuadro 3). El pino como sombra de café es la que menos pérdida de suelo ocasiona, esto puede deberse a la capa de acícula de alrededor de cinco centímetros encontrada en el suelo. Las capas de hojarasca en el suelo evita el contacto directo de la lluvia con el suelo, protegiéndolo del impacto de las gotas y del transporte por erosión hídrica. En la sombra de poró y poró con laurel, tampoco se obtuvo diferencia significativa en el análisis estadístico realizado (Bermúdez 1980). A pesar de no obtener diferencia significativa en el análisis estadístico, los resultados obtenidos señalan que la sombra de *Musa* es la que menos protección brinda al suelo de la erosión hídrica.

Cuadro 3. Comparación de medias de sólidos totales por tipo de sombra.

Tipo de sombra	N	Media (gST/L)	Agrupación	Valor p
CI	3	0.66	A	0.162
CM	3	7.38	A	
CP	3	0.46	A	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4. CONCLUSIONES

- La sombra de musáceas, es la más comúnmente utilizada por productores de café en la microcuenca Santa Inés. Este cultivo es usado como sombra única o en combinación con las demás especies arbóreas, sin embargo siempre se encuentra como dominante en sombra con alta densidad.
- Los datos fueron tomados bajo condiciones secas, sin existencia de lluvias los cinco días previos, dando como resultado bajos registros en las mediciones durante el estudio.
- La escorrentía superficial está directamente relacionada a la cantidad de lluvia caída. En el tipo de sombra musácea es significativamente mayor a la sombra de ingas y pino. Debido a la producción de acículas u hojarasca de las sombras de inga y pino, esto forman una capa protectora en el suelo contra escorrentía y erosión hídrica.

5. RECOMENDACIONES

- Capacitar a productores para que al momento de cultivar o expandir sus cultivos de café, se conserve los pinares naturales de la microcuenca, de manera que proteja los suelos agrícolas de la erosión hídrica. Tradicionalmente se corta este tipo de bosque para introducir el cultivo del café.
- Las musáceas deberán ser utilizadas como sombra en combinación con algunas prácticas de manejo de suelo y con otro tipo de sombra en cafetales. Las musáceas las prefieren las familias rurales como complemento de seguridad alimentaria.
- Fortalecer el sistema de registro y monitoreo de datos de precipitación en la microcuenca Santa Inés para contar con bases de datos históricos que permitan realizar futuros estudios.
- Continuar con el estudio de tipos de sombra utilizados en café, en diferentes pendientes y con mayor tiempo de registro. Por ser un cultivo con tendencia a expandirse en la microcuenca.

6. LITERATURA CITADA

Acosta Velasquez, A.F. y O.A Kucharsky Lezana. 2012. Estudio edafológico y de cobertura para la modelación hidrológica con el modelo SWAT de la microcuenca Santa Inés, Honduras. Tesis Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 23 p.

Bermúdez Méndez, M.M. 1980. Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café poró y laurel en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 74 p.

Dubón Fernández, E.D. 2007. Estudio general de suelos de las áreas de montaña en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 63 p.

FAO. 2009. ¿Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas? Studio Bartoleschi. Roma, Italia. 31 p.

Huezo Sánchez, L.A. 2011. Caracterización hidrológica y balance hídrico de la microcuenca Santa Inés, Honduras. Tesis Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 19 p.

INCAE. 1999. La Caficultura en Honduras (en línea). Consultado 28 de mayo de 2015. Disponible en http://www.incae.edu/ES/clacds/publicaciones/pdf/cen536_final.pdf.

Ixmata Guarchaj, M.Z. 2003. Análisis del balance hídrico bajo tres coberturas vegetales en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso Honduras. Tesis Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 27 p.

Marciaga Rodríguez, A.E. 2014. Estimación del valor del uso, propiedad de Santa Inés de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Tesis Ing. Ambiente y Desarrollo. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 30 p.

Mendieta, M. y L. Rocha. 2007. Sistemas Agroforestales, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 115 p.

Montenegro Correa, G.L. 2013. Caracterización agrícola de la zona de recarga de la microcuenca Santa Inés, Honduras. Tesis Ing. Ambiente y Desarrollo. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 17 p.

Ordóñez, M.A. y M.H. Sosa. 2001. Uso y manejo de sombra en los cafetales. In: Manual de Caficultura. Tercera edición. Tegucigalpa, Honduras. P 79-86.

Quiroz, T., E. Hincapié. 2007. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados. Caldas, Colombia. Cenicafé 58(3): 227-235.

Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 139 p.

Ramos Muñoz, C.N. 2002. Medición de la erosión y escorrentía en plantaciones de café bajo tres diferentes coberturas de sombra. Tesis Ing. Forestal. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 86 p.

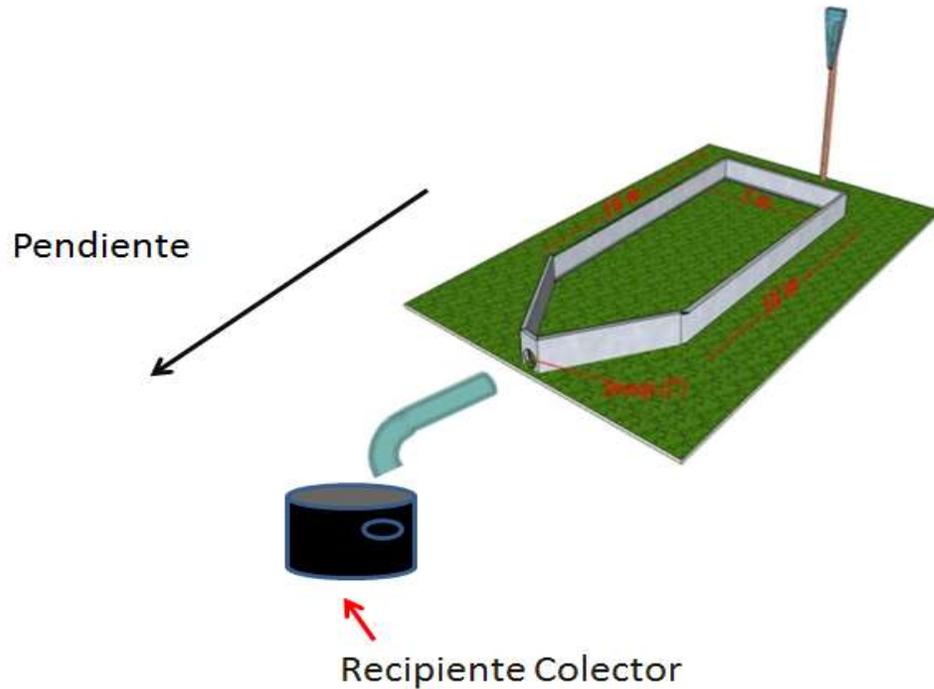
Sandoval, J. 2008. Café bajo un manto verde (en línea). Consultado 10 de noviembre del 2014. Disponible en <http://servicios.prensalibre.com/pl/domingo/archivo/revistad/2008/diciembre/28/cultivo.shtml>.

GIZ. 2014. Monitoreo de impacto ambiental de efectos de sistemas agroforestales sobre la hidrología de suelos en microcuencas de montaña de la Región Trifinio.

Severiche, C.A. Castillo, M.E. y Acevedo, R.L. 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas. Cartagena de Indias, Colombia. 95 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Esquema de una parcela permanente de escorrentía y erosión.



Fuente. GIZ. 2014. Monitoreo de Impacto Ambiental de Efectos de Sistemas agroforestales sobre la hidrología de suelos en microcuencas de montaña de la Región Trifinio.

Anexo 2. Escorrentía superficial (mm) por tipo de sombra.

Eventos	Fecha	Precipitación (mm)	Escorrentía (mm)		
			CI	CM	CP
E1	15-ago	7.20	0.000	0.008	0.000
E2	16-ago	10.00	0.004	0.033	0.012
E3	04-sep	35.81	0.002	0.156	0.014
E4	12-sep	6.86	0.003	0.106	0.026
E5	13-sep	3.81	0.004	0.059	0.000

Anexo 3. Coeficiente de escorrentía en Café con sombra de *Musa Sp.*

Tipo de Sombra	Coeficiente de escorrentía (%)
CI	0.04
CM	0.57
CP	0.08

Anexo 4. Pérdida de suelo por tipo de sombra.

Eventos	Fecha	Precipitación (mm)	Erosión (gST/L)		
			CI	CM	CP
E1	15-ago	7.20	0.00	0.34	0.00
E2	16-ago	10.00	0.30	9.52	0.38
E3	04-sep	35.81	0.76	120.32	0.53

Anexo 5. Formulario utilizado para toma de datos.

CÓDIGO DE PARCELA	HORA	FECHA	MEDICIÓN (Medida de regla)	OBSERVACIONES
G-P1				
G-P2				
G-P3				
G-P1				
G-P2				

Anexo 6. Muestras de 500 mL tomadas de los botes recolectores



Anexo 7. Crisoles con muestra en el desecador.



Anexo 8. Bote recolector de agua instalado en parcela de monitoreo.



Anexo 9. Regla de madera graduada en centímetros.



Anexo 10. Parcelas de monitoreo instaladas en los tres tipos de sombra.



CM

CP

CI