

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

1. **TÍTULO:** Impactos de la sombra de espino *Vachellia macracantha* Seigler & Ebinger en asocio con café *Coffea arabica* L var. Caturra rojo en la parroquia Santa Catalina de Salinas, Provincia de Imbabura.
2. **AUTOR (A):** Ana Yesenia Espinosa Marquez
3. **DIRECTORA:** Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.
4. **COMITÉ LÉCTOR:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja, Esp.
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.
Ing. Jorge Luis Cue García, PhD.
5. **AÑO:** 2018
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** Sector Chinchinal, parroquia Santa Catalina de Salinas, ubicado a 25,5 km al norte de la cabecera cantonal San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura.
7. **BENEFICIARIOS:** Agricultores de la parroquia Santa Catalina de Salinas e instituciones públicas y privadas que fomentan y financian sistemas agroforestales en asocio con café.

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Espinosa Marquez

NOMBRES: Ana Yesenia

C. CIUDADANIA: 100388763-3

TELÉFONO CELULAR: 0990348913

CORREO ELECTRÓNICO: ayepinosam@utn.edu.ec

DIRECCIÓN: Imbabura – Ibarra – Caranqui, Los Ceibos– Via Santa Lucia y Princesa Pacha

AÑO: 2018

Ibarra, a los 23 días del mes de octubre de 2018

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 23 de octubre de 2018

Ana Yesenia Espinosa Marquez: **IMPACTOS DE LA SOMBRA DE ESPINO *Vachellia macracantha* Seigler & Ebinger EN ASOCIO CON CAFÉ *Coffea arabica* L var. Caturra rojo EN LA PARROQUIA SANTA CATALINA DE SALINAS, PROVINCIA DE IMBABURA** /Trabajo de titulación. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 16 de octubre de 2018. 76 páginas.

DIRECTOR: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar los impactos de la sombra de *Vachellia macracantha* Seigler & Ebinger en asocio con *Coffea arabica* L var. Caturra rojo, en la parroquia Santa Catalina de Salinas, provincia de Imbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran: Comparar la productividad del café cultivado bajo sombra y aquel sin sombra, Determinar la rentabilidad financiera del sistema agroforestal, espino con café, Analizar los impactos ambientales de la sombra del espino sobre el cultivo de café.

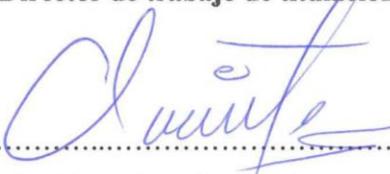
Fecha: 23 de octubre de 2018



.....

Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

Director de trabajo de titulación



.....

Ana Yesenia Espinosa Marquez

Autor

Impactos de la sombra de espino *Vachellia macracantha* Seigler & Ebinger en asocio con café *Coffea arabica* L var. Caturra rojo en la parroquia Santa Catalina de Salinas, Provincia de Imbabura

Autor: Ana Yesenia Espinosa Marquez

Director del trabajo de titulación: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

Carrera de Ingeniería Forestal

Universidad Técnica del Norte

Ibarra – Ecuador

ayespinosam@utn.edu.ec

Teléfono: 0990348913

RESUMEN

El censo agropecuario del 2010 en la zona 1 registra 3129 Unidad de Producción Agropecuaria (UPAs) dedicadas a la caficultura, las cuales manejan diferentes sistemas productivos con árboles, no obstante, se desconocen los efectos que estos a través de la sombra generan sobre el cultivo de café. El objetivo de la presente investigación fue determinar los impactos de la sombra de *Vachellia macracantha* en asocio con *Coffea arabica* L var. caturra rojo, en la parroquia Santa Catalina de Salinas, provincia de Imbabura. La metodología aplicada fue un muestreo estratificado que consistió en dividir la población en sub poblaciones (estratos), luego en cada estrato se seleccionó una muestra simple al azar de dos unidades en cada sub población. Se establecieron ocho parcelas de 500 m², que representan el 10% de la población (4000 m²), de cada una de las parcelas se tomaron los datos dasométricos altura, DAP y diámetro de copa; para la productividad se recolecto y se pesó el grano de café en cereza, en el análisis financiero se analizaron los indicadores valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio costo (B/C) con base a la información proporcionada por el propietario, para los impactos ambientales se utilizaron cuatro variables: biodiversidad, suelo, humedad y captura de carbono, el nivel de biodiversidad se determinó mediante el Índice de Shannon, para el suelo se realizaron análisis bajo los protocolos del laboratorio de AGROCALIDAD y el contenido de carbono se obtuvo mediante el análisis de conversión de biomasa viva a carbono según el IPCC. La productividad del sistema espino – café fue superior a la del cafetal sin sombra, los indicadores financieros muestran que el sistema agroforestal es financieramente rentable comparado con el monocultivo donde la inversión en ochos aún no ha sido posible recuperarla mientras en el arreglo agroforestal la misma ya fue recuperada en el cuarto año se concluye que los impactos ambientales ocasionados por la sombra de espino generan externalidad positivas que influyen en la sostenibilidad del sistema agroforestal.

ABSTRACT

With the green revolution and the problems associated with climate change as two of the main determinants for the generation of unsustainability in traditional livestock systems. The main objective of the present research was to determine the sustainability of the silvopastoral system with *Alnus nepalensis* D. Don together with *Brachiaria decumbens* Stapf. The study was carried out in the Cristal sector, in the Peñaherrera parish, in Cotacachi canton, in the province of Imbabura, corresponding to the very humid pre-montane forest ecological unit (PHF). The methodology consisted in the realization of a forest census after ten years of establishment of the system, where measurements of diameter at chest height (DCH), total height (Ht) and crown cover diameter were taken to determine the total volume, mean annual increment (MAI) and crown cover area coverage of the system, followed by a bromatological and soil analysis; the level of biodiversity (birds) was calculated using the Shannon Index; the carbon content was obtained by analysing the living biomass; and in the economic-financial analysis indicators were defined, net present value (NPV), internal rate of return (IRR), cost benefit ratio (B / C) and land expectation value (LEV), based on information provided by the owner. The growth of trees in terms of total volume was 156.56 m³/ha, crown coverage of 5222.36 m², MAI of 15.65 m³/ha. Regarding the bromatological and soil analysis, the silvopastoral system (SSP) presented higher percentages compared to monoculture. Regarding biodiversity, carbon content and financial profitability, the SSP was superior to the traditional system. It is concluded that the silvopastoral system is socially, economically and environmentally sustainable.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales que brindan bienes y servicios a la población rural están siendo afectados por la transformación de sus hábitats y la ampliación de la frontera agropecuaria. El modelo de la revolución verde patentó el uso de monocultivos agrícolas y con ello se incrementó la demanda de agua y nutrientes, la parroquia Santa Catalina de Salinas no es la excepción, por otra parte algunos agricultores del sitio para contrarrestar dicha demanda han implementado sistemas agroforestales bajo diseños de prácticas donde combinan árboles dispersos con cultivos perennes como por ejemplo café *Coffea arabica* en asocio con espino o también llamado faique *Vachellia macracantha* que es considerado una especie forestal de sombra permanente el cual se introduce para proteger al cultivo de café del exceso de radiación y luminosidad.

Según el censo agropecuario del 2010 en la Zona 1 se registra 3129 UPAs (Unidad de Producción Agropecuaria) de esto se colige que existen 3129 familias que se dedican a la caficultura, la gran mayoría mantienen sistemas productivos asociados con árboles, no obstante, se desconocen los efectos que estos árboles a través de la sombra están generando sobre la macro y micro fauna del

suelo y la economía de los dueños de estos predios (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2010).

Por otra parte, cabe recalcar que los precios internacionales del café varían permanentemente, situación que genera como resultado el abandono de la actividad por parte de los varios caficultores, Ecuador no es la excepción, en varias zonas rurales del país algunos agricultores durante los últimos años dejaron de ser productores de café; una alternativa para mejorar esta situación es acceder a mejores precios del café siendo para ello una opción la producción del grano ecológico, orgánico u otras denominaciones, lo cual genera un plus al precio vigente del café corriente; los sistemas que manejan árboles con el cultivo pueden ayudar a los agricultores para obtener mejores precios conectándose con este tipo de mercados que prefieren un café ecológico u orgánico.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en el sector Chinchinal, parroquia Santa Catalina de Salinas, ubicado a 25,5 km al norte de la cabecera cantonal San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura.

El área de la investigación para la toma de

datos fue de 4,03ha, misma que esta dividida en dos estratos con sombra y sin sombra, en cada estrato se escogió una muestra simple al azar; se establecieron ocho parcelas de 500 m², que constituyen el 10% de la población (4000m²).

Parámetros dasométricos

Se tomaron mediciones de las variables altura total, DAP y diámetro de copa tanto en la especie forestal espino, como en el cultivo de café; el número de individuos medidos son de cinco y 15 respectivamente por parcela.

a) Altura total

Con cinta métrica se midió una distancia horizontal de 20 m, con el hipsómetro Suunto se determinó los porcentajes mayores y menores, se aplicó la ecuación y se obtuvo las alturas totales de los árboles.

$$h = \frac{(\% \text{mayor} - \% \text{menor})}{100} \times 20 \text{ m}$$

h = altura

20 m = distancia del árbol hacia la persona

b) Diámetro a la altura del pecho (dap)

Se hizo la limpieza del fuste y posteriormente se procedió con una cinta

diamétrica a tomar el DAP de cada árbol utilizando los criterios que para el efecto se tienen.

c) Diámetro de copa

$$DC = \frac{(DC1 + DC2)}{2}$$

DC = Diámetro de copa

DC1 = primera medición en cruz + de la copa del árbol

DC2 = segunda medición en cruz + de la copa del árbol

d) Área de copa

$$A. c = \frac{\pi(D^2)}{4}$$

A.c = Área de copa

D = Diámetro de copa

π = 3,1416

e) Porcentaje de sombra

$$\% \text{ de sombra} = \frac{\text{área de parcela m}^2}{\text{área de copa m}^2}$$

% de sombra = Incremento medio anual

Área de parcela = Parcela de 500 m²

Área de copa = Valor calculado con la ecuación que antecede.

Metodología y variables a medir por objetivo

Comparar la productividad del café bajo sombra y sin sombra

Se realizó el siguiente procedimiento de manera cronológica:

- El café fue cosechado de cada planta ubicada en las parcelas respectivas.
- La recolección se hizo una vez que el grano de café haya adquirido la madurez necesaria (grano cereza).
- Se realizó un muestreo de 15 plantas al azar por parcela, en cada una se pesó la cantidad recolectada por planta en kg, para la extrapolación de todos los individuos, se aplicó los siguientes modelos de regresión:

$$y = 0,9087x^{-0,179}$$
$$R^2 = 0,7396$$

$$y = -0,0172x + 1,6397$$
$$R^2 = 0,8371$$

Con los datos obtenidos se procedió a realizar los análisis estadísticos, de productividad y financieros respectivos.

Los registros fueron transformados de kilogramos de café cereza a kilogramos de café seco despulpado; el factor de conversión aplicado fue de 5:1, dicha conversión se la obtuvo de la experimentación en campo, de los pesajes de las diferentes muestras

colectados en distintos días.

Determinar la rentabilidad financiera

La metodología utilizada consiste en determinar los indicadores representativos de un análisis financiero tradicional; previamente se estableció el flujo de costos e ingresos, utilizando para los costos el valor de la mano de obra que establece la ley laboral para un trabajador agrícola de la sierra; y para los ingresos se utilizó los precios vigentes en el mercado. Para los cálculos se utilizó el año de referencia de la cosecha actual (ocho años), y la tasa de descuento del 12 % que corresponde a un promedio de las tasas vigentes del sistema financiero nacional de la banca pública y privada (Banco Central del Ecuador [BCE], 2017).

Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

a) Valor actualizado neto (VAN)

Se calculó con la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t}$$

B = Beneficios en el año t

C = Costo en el año t

r = tasa de descuento aplicada

b) Tasa interna de retorno (TIR)

Se calculó con la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum \frac{B_t - C_t}{(1 + p)^t}$$

- B** = Beneficios alcanzados en el año t
C = Los costos incurridos en el año t
p = La tasa interna de retorno aplicada

c) Relación beneficio costo (B / C)

Se calculó con la siguiente ecuación:

$$B/C = \frac{Tbe}{Tcd}$$

- B/C** = Relación beneficio costo
Tbe = Total beneficios encontrados
Tcd = Total costos descontados

Análisis de los impactos ambientales

Las variables medidas fueron suelo, biodiversidad, humedad y contenido de carbono.

Suelo

Se analizaron las propiedades químicas donde se tomó en cuenta el pH, materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio

(Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn); y por otra parte las físicas donde se determinó la porosidad, densidad aparente y la densidad real.

Para los análisis se tomaron en cuenta los protocolos del laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro [AGROCALIDAD].

Biodiversidad

La metodología utilizada para determinar la biodiversidad es una adaptación de la metodología utilizada por (Núñez, 2008)

Se estudió los principales componentes de la flora y fauna; en cuanto a la flora se recolectaron muestras botánicas de las especies vegetales que se encuentran en cada parcela dentro y en límite de la misma; para la fauna se subdividió en macro fauna y micro fauna.

En cuanto a la macro fauna se inventarió el tipo de aves con base a información proporcionada por habitantes locales, a quienes se les formuló las siguientes preguntas:

- ¿Qué aves existen en el sitio de estudio?
- ¿Cuál es la época de mayor presencia de las aves en el sitio?

Con los datos obtenidos se cuantificó las aves existentes y se las clasificó por familia, y el

número de aves por parcela se las extrapoló a ha.

La micro fauna se determinó únicamente por la presencia de los principales ordenes de insectos, utilizando trampas caseras entomológicas, se realizó el conteo con una frecuencia cada dos semanas, y el número de individuos se le extrapoló a ha.

Para el análisis de las poblaciones de insectos y aves se utilizó el índice de Shannon, empleando el software BioDiversity Pro.

Humedad

Se determinó el contenido de humedad tanto en las parcelas con la presencia de árboles, y en las otras sin estos.

a) Para medir la humedad relativa se utilizó un higrómetro tomando mediciones en distintas horas del día (mañana, tarde y noche) durante cinco días, un día por semana, el equipo se lo instaló en la mitad de cada parcela.

b) Para calcular la humedad del suelo se recolectó una muestra de suelo en forma de zig-zag en el sistema de café – espino y en el cafetal, la muestra se la recolectó el último día de medición de la Humedad Relativa, posterior a esto se aplicaron los protocolos del método gravimétrico establecidos por el

Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta [SAP] (2011) que menciona que el contenido de humedad es determinado por la diferencia en peso de la muestra húmeda con la seca. Típicamente, con el método gravimétrico la muestra de suelo es recogida y pesada, luego se seca la muestra en un horno durante 24 horas a 105 °C y después se pesa la misma. La ecuación básica para expresar el contenido de humedad en base a la masa seca es:

$$W = M_w / M_s$$

Contenido de carbono

Para calcular el contenido de carbono en el sistema agroforestal café – espino y en el cafetal sin sombra se siguió el mismo procedimiento para los dos casos:

Se tomó una muestra del fuste del árbol de espino y otra del tallo del arbusto de café, para ello se utilizó el barrenador de Presley, las dos muestras fueron empaquetadas y llevadas al laboratorio donde fueron pesadas en verde y en seco, se obtuvo así las densidades del fuste y tallo, esto fue multiplicado por el volumen del árbol y peso, de dicha operación resultó la biomasa del fuste.

Se finalizó el proceso realizando una suma entre la biomasa del fuste, ramas y hojas de cada árbol muestreado, a este resultado se lo

multiplicó por el porcentaje que establece el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), y como resultado final se obtuvo la cantidad de carbono presente en el espino y en el café.

Para el cafetal sin sombra se siguió el mismo proceso tomando solo mediciones en el cultivo de café.

RESULTADOS

Productividad del café bajo sombra y sin sombra

El cafetal bajo sombra y sin sombra tienen ocho años desde su establecimiento, poseen riego constante por medio de aspersores en toda el área de estudio, esto hace que el grano de café sea cosechado durante todo el año. La productividad del cafetal seco despulpado bajo una sombra de 46% fue de 1197,24 Kg/año, mientras sin sombra fue de 518,63 Kg/año, a pesar de que el cafetal sin sombra cuenta con riego la productividad es más baja, se infiere que esto sucede porque la planta de café está expuesta al exceso de radiación y luminosidad lo cual provoca que la planta trabaje más en su proceso fisiológico ya que el café es un arbusto que necesita de sombra para su desarrollo.

Rentabilidad financiera

En el sistema agroforestal café – espino el VAN fue positivo y la TIR supera a la tasa de interés referencial, por lo cual es pertinente señalar que el sistema productivo es rentable para el agricultor, la relación B/C es de \$ 1,33 ctvs., lo que refleja que por cada dólar que se invierte se obtiene una ganancia de US \$ 0,33 ctvs. (Ver tabla 2). El tiempo de recuperación del sistema fue al cuarto año desde su establecimiento con base al flujo de caja de costos e ingresos.

En el cafetal sin sombra se obtuvo un VAN negativo, la TIR es menor a la tasa de interés del 12% lo que indica que el cafetal no es rentable y la relación B/C refleja que no ha producido ganancias. (Ver tabla 2). Con base al cálculo del flujo de costos e ingresos del cafetal sin sombra el tiempo de recuperación es negativo por lo que se asume que la inversión aún no ha sido recuperada, una proyección del tiempo de recuperación es a los 13 años

CONCLUSIONES

- La sombra que genera la especie espino *Vachellia macracantha* sobre el café *Coffea arabica* var. caturra rojo genera impactos positivos en la productividad del café puesto que el rendimiento obtenido es superior en un 113% al cafetal sin sombra.

- El sistema agroforestal es financieramente rentable ya que supera la tasa de interés referente del 12% y los indicadores VAN y B/C son superiores al cafetal expuesto al sol, además el sistema espino – café permite recuperar la inversión en un periodo de cuatro años, mientras en el monocultivo de café la inversión hasta la fecha (ocho años) no es posible recuperarla.

- Los impactos ambientales que ocasiona la sombra del componente arbóreo sobre el cultivo de café generan externalidades positivas, por un lado la captura de carbono es en un 100% superior al monocultivo de café; posee mayor biodiversidad de especies de flora y fauna y la humedad del suelo y el aire es mayor que en el cafetal a pleno sol.

RECOMENDACIONES

- Por los valores obtenidos del sistema agroforestal espino – café se recomienda el establecimiento de esta práctica para obtener beneficios económicamente viables, ambientalmente amigable y socialmente justa.

- Se recomienda mantener el porcentaje de sombra 46% en el que se encuentra el sistema café con espino, ya que así favorece la humedad, controla las malezas y existe un considerable número de aves que ayudan a la dispersión de semillas, todo lo mencionado hace que el sistema se encuentre en equilibrio.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. (2010). *Instructivo para toma de muestras de suelos*. Atuntaqui.

Aguilar, R. M. (2012). Importancia de la sombra en el cultivo del café. *Revista Forestal Año 9 (22)*, 11-12.

Aguirre, Z. H. (2012). Especies forestales bosques secos Ecuador. *Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático*. Quito, Ecuador: MAE/FAO - Finlandia.

Aguirre, C., y Vizcaíno, M. (2010). *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones*

- forestales*. Ibarra: Univesidad Tecnica del Norte.
- Alarcó, A. (2011). MODELO DE GESTIÓN PRODUCTIVA PARA EL CULTIVO DE CAFÉ (COFFEA ARABICA L.) EN EL SUR DE ECUADOR. *PROYECTO FIN DE CARRERA*. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- Añazco, M. (2016). ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO AGROFORESTAL SUSTENTABLE DEL ECUADOR: APORTES DESDE EL ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS, LOS APRENDIZAJES Y LAS TECNOLOGÍAS. *Estrategia que contribuye a la sustentabilidad de los medios de vida comunitarios*. Santiago, Chile: Universidad Bolivariana.
- Añazco, M. (2017). Hacia la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el Ecuador continental...un aporte del árbol a la diversificación agrícola y ganadera. En Á. Calvache, & J. Filgueira, *AGRICULTURA Sostenible del Ecuador* (págs. 49-71). Guayaquil: CIDE.
- Asociación Nacional del Café [ANACAFE]. (2011). Proyecto Promoviendo Agricultura Amigable con el Clima. Guatemala: ANACAFE.
- Banco Central del Ecuador. (25 de Mayo de 2017). *BCE*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/754>
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias, Vol. 1, Núm. 91, Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN (Versión impresa): 0187-6376*, 21-29.
- DaMatta, F., y Rodríguez, N. (2007). Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agrnómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana* 25(1), 2-6.